O-CP02

การประเมินศักยภาพทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าชุมชนด้วยการใช้พลังงานทดแทนก๊าซชีวภาพจากเศษวัชพืชทางการเกษตรและมูลสัตว์กรณีศึกษา ชุมชนหมู่บ้านโนนข่า

An assessment of Economics Potential for Community Electricity Production Using Biogas Renewable Energy from Agricultural Wastes and Livestock Manure Case Study: Community Ban Non-Ka

ชำนิ ใจประดิษฐ์ธรรม[1] และอธิวัฒน์ นาคสุริยวงษ์[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 10250

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอถึงการศึกษาและการประเมินศักยภาพความเป็นไปได้ในการเพิ่มความสามารถในการผลิตไฟฟ้าภายในชุมชน โดยการใช้พลังงานทดแทนก๊าซชีวภาพที่ได้จากเศษวัชพืชอินทรีย์สารทางการเกษตรและมูลสัตว์ของพื้นที่ชุมชนในกรณีศึกษา ชุมชนหมู่บ้านโนนข่า ต.หันนางาม อ.ศรีบุญเรือง จ.หนองบัวลำภู นำมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพด้วยเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพแบบ Dry Fermentation โดยการนำก๊าซชีวภาพที่ได้ผ่านเข้าเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้าให้กับชุมชนต่อไป ผลผลิตทางการเกษตรรวมถึงผลผลิตที่เหลือใช้ทางการเกษตรจะมีศักยภาพสูงสามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ ซึ่งประชากรในชุมชนหมู่บ้านโนนข่า ต.หันนางาม ส่วนใหญ่จะประกอบอาชีพเกษตรกรรม เช่น ปลูกข้าวทำนา ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง เป็นต้น และมีการเลี้ยงปศุสัตว์ ผลจากการศึกษาจึงพบว่าการพัฒนาการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพจากเศษวัชพืชทางการเกษตรและมูลสัตว์สามารถสร้างเตาชีวมวลอย่างง่าย ระยะเวลาในการจุดเตาและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเตาชีวมวลมีค่าน้อยกว่าเตาแบบธรรมดา ทำให้เตาชีวมวลมีประสิทธิภาพสูงจึงสามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติได้ สามารถออกแบบและสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ ซึ่งถังหมักเก็บก๊าซใช้งานได้จริง นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านการเงินและการลงทุน ศึกษาผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์ วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนที่มีเกณฑ์ในการตัดสินใจลงทุนคืออัตราผลตอบแทน ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์พบว่าเศษวัชพืชอินทรีย์สารทางการเกษตรและมูลสัตว์ที่มีในชุมชนมีศักยภาพมากพอที่จะนำมาผลิตไฟฟ้า โดยใช้เทคโนโลยีเตาเผาสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 75 kWh/ตัน รองลงมาได้แก่ เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนและแบบหลุมฝังกลบเศษวัชพืชและมูลสัตว์ประมาณ 25 kWh/ตัน และ 18 kWh/ตัน ตามลำดับ พิจารณาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจะพบว่าเทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบหลุมฝังกลบมีต้นทุนต่ำที่สุดคือ 5.50 บาท/ kWh ในขณะที่เทคโนโลยีเตาเผาและแบบย่อยสลายไม่ใช้ออกซิเจนจะมีต้นทุนสูงกว่าคือ 28.50 บาท/ kWh และ 14.32 บาท/ kWh ตามลำดับ

คำสำคัญ: การผลิตไฟฟ้าชุมชน, เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ, เศษวัชพืชทางการเกษตร, เศรษฐศาสตร์, พลังงานทดแทน

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของประชาชนอย่างมาก เมื่อประชาชนมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ความต้องการการใช้พลังงานจึงมีอัตราสูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้หน่วยงานต่างๆได้มีการพัฒนาพลังงานทดแทนขึ้นมาเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของประชาชน หน่วยงานต่างๆทั้งภาครัฐและเอกชนภายในประเทศจึงมีการพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทนอื่นที่ได้จากทรัพยากรที่มีในพื้นที่ ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงทดแทนชนิดหนึ่งที่มีการผลิตและใช้งานอย่างแพร่หลาย เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพมีอยู่เป็นจำนวนมากและจำเป็นจะต้องกำจัดทิ้ง เช่น เศษวัชพืชและมูลสัตว์ ซึ่งประเทศไทยมีการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพมานานกว่า 20 ปีแล้ว แต่ในระยะเริ่มแรกจำกัดอยู่ในระดับครัวเรือนหรือเกษตรกรรายย่อยภายในชนบทในประเทศที่กำลังพัฒนา การใช้ก๊าซชีวภาพจากขยะทางการเกษตรหรือเศษอาหารจากครัวเรือนจัดได้ว่าเป็นทางเลือกสำหรับพลังงานราคาถูก ในประเทศพัฒนาแล้วการนำเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นการช่วยลดการปล่อยมลภาวะรวมถึงก๊าซเรือนกระจกสู่สิ่งแวดล้อมและยังได้ผลผลิตคือปุ๋ยอินทรีย์ ประชากรในชุมชนหมู่บ้านโนนข่า ต.หันนางามส่วนใหญ่จะประกอบอาชีพเกษตรกรรมและมีการเลี้ยงปศุสัตว์เช่น ปลูกข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง เป็นต้น ทำให้มีวัสดุที่เกิดจากการเกษตรดังกล่าว เช่น มูลสัตว์คือมูลสุกร มูลโค ฟางข้าว ซังข้าวโพด วัสดุเหล่านี้เป็นชีวมวลที่สามารถนำไปหมักทำให้เกิดเป็นก๊าซชีวภาพและสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนก๊าซปิโตเลียมเหลว (LPG)ได้เป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อประเมินศักยภาพความเป็นไปได้จากการนำเศษวัชพืชอินทรีย์สารทางการเกษตรและมูลสัตว์ของพื้นที่ชุมชนมาใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีการผลิต เพื่อวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและแก้ปัญหาการใช้ระบบก๊าซชีวภาพในช่วงเวลาที่ผ่านมา พร้อมทั้งปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพให้มีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้กับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บงกช ประสิทธิ์ และคณะฯ (2550) ศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวมวลเพื่อนำไปสู่ชุมชน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาการผลิตไฟฟ้าโดยใช้แก๊สชีวมวลจากถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเบนซินและLPG สามารถผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 0.8 กิโลวัตต์ นำไปประยุกต์การให้แสงสว่างและช่วยประหยัดพลังงานมากกว่าการใช้น้ำมันเบนซินและLPG

ปัทมาวดี สิทธิวรเดช และคณะฯ (2554) งานวิจัยนี้ทำการศึกษาประเมินศักยภาพพลังงานในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและมูลสัตว์ในมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตก๊าซจะต้องลงทุนในการสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ 1,598,800 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 3 เดือนและมูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV = 8,605.81 บาท

สุพจน์ เกิดมี และคณะฯ (2555) ศึกษาและพัฒนาศักยภาพการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุพืชทางการเกษตรของชุมชนบ้านน้ำก้อ ต.น้ำก้อ อ. หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพและทดสอบการใช้เตาชีวมวล

3. ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน(Anaerobic Process) หรือเกิดจากการหมักของสารอินทรีย์โดยมีจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรีย องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ ได้แก่ แก๊สมีเทน(CH_4) ประมาณ 50-80% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) ประมาณ 30-40 % ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซไฮโดรเจน(H_2) ออกซิเจน(O_2) ไฮโดรเจนซัลไฟต์(H_2S) ไนโตรเจน(N_2) ข้อดีการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าคือลดการปล่อยแก๊สมีเทนออกสู่บรรยากาศจึงช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ช่วยลดค่าใช้จ่ายและสร้างรายได้ให้กับผู้ประกอบการได้ กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพมีดังนี้

1. การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ ได้แก่ ไขมัน แป้ง และโปรตีน เป็นต้น
2. การแปรสภาพกลายเป็นกรดอินทรีย์ระเหย(Volatile Acids)
3. การผลิตแก๊สมีเทน

3.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ การย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซชีวภาพมีปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมีดังนี้ [1]

3.1.1 อุณหภูมิ(Temperature) ในการย่อยสลายอินทรีย์และการผลิตก๊าซในสภาพไร้ออกซิเจน สามารถเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิที่มากขึ้นตั้งแต่ 4-60 องศาเซลเซียส จะขึ้นอยู่กับชนิดของกลุ่มจุลินทรีย์

3.1.2 สารอาหาร (Nutrients) เป็นสารอินทรีย์ที่มีความเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

3.1.3 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) จะมีความสำคัญต่อการหมักมากในช่วง pH ที่เหมาะสมอยู่ในระดับ 6.6-7.5 ถ้าpH ต่ำเกินไปจะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่สร้างแก๊สมีเทน

3.1.4 อัลคาลินิตี้ (Alkalinity) หมายถึง ความสามารถในการรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง ค่าอัลคาลินิตี้ที่เหมาะสมต่อการหมักมีค่าประมาณ 1,000-5,000 มิลลิกรัม/ลิตร จะอยู่ในรูปของแคลเซียมคาร์บอร์เนต ($CaCO_3$)

3.1.5 ลักษณะของสารอินทรีย์สำหรับกระบวนการย่อยสลายจะมีความแตกต่างกัน

รูปที่ 1 การใช้ชีวมวลจากเศษวัชพืชทางการเกษตรที่เหลือใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนเพื่อผลิตไฟฟ้าชุมชน

3.2 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ การนำก๊าซชีวภาพ มาใช้ทำให้เกิดประโยชน์ มีดังนี้ [2]

3.2.1 ด้านพลังงาน ในการลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพจะลงทุนต่ำกว่าการผลิตเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่นๆ เช่น ฟืน ถ่าน น้ำมัน แก๊สหุงต้มและไฟฟ้า ก๊าซชีวภาพจำนวน 1 ลบ.เมตรสามารถนำไปใช้ได้

3.2.2 ด้านปรับปรุงสภาพแวดล้อม โดยนำมูลสัตว์ และน้ำล้างคอกมาหมักในบ่อก๊าซชีวภาพ จะเป็นการช่วยกำจัดมูลในบริเวณที่เลี้ยงสัตว์ ทำให้กลิ่นเหม็นและแมลงวันในบริเวณนั้นลดลงและผลจากการหมักมูลสัตว์ในบ่อก๊าซที่ไม่มีออกซิเจน ทำให้ไข่พยาธิและเชื้อโรคในมูลสัตว์ตาย

3.2.3 ด้านการเกษตร การทำเป็นปุ๋ย กากที่ได้จากการหมักก๊าซชีวภาพ สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสัตว์สดและปุ๋ยคอก เนื่องจากในขณะที่มีการหมักจะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในมูลสัตว์ ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

การทำเป็นอาหารสัตว์ โดยนำส่วนที่เหลือจากการหมัก นำไปตากแห้ง แล้วนำไปผสมเป็นอาหารสัตว์ให้กับโคและสุกรกินเป็นอาหาร ควรใส่ระหว่าง 5-10 kg ต่อส่วนผสม 100 kg ทำให้สัตว์เจริญเติบโตตามปกติและเป็นการลดต้นทุนการผลิต

รูปที่ 2 มูลสัตว์ของสุกร นำไปหมักทำให้เกิดเป็นก๊าซชีวภาพ

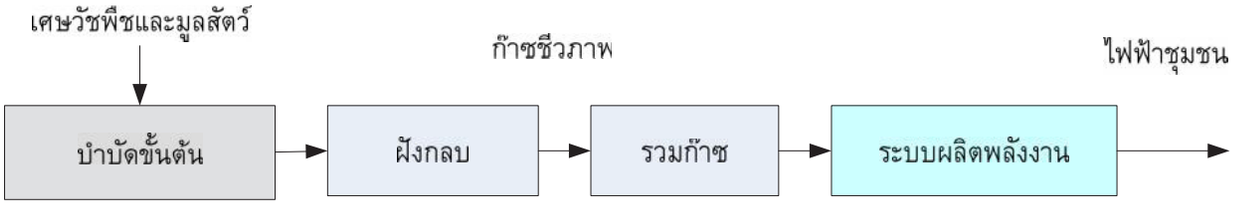
4. เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากเศษวัชพืชทางการเกษตรและมูลสัตว์ในชุมชน

เทคโนโลยีที่ทำการพิจารณาจะประกอบด้วย 3 เทคโนโลยี มีรายละเอียดดังนี้

4.1 เทคโนโลยีเตาเผาขยะ (Incineration) เทคโนโลยีแบบนี้เป็นวิธีการกำจัดขยะชุมชนอินทรีย์สารที่ย่อยสลายง่ายที่ไม่ใช้แล้ว ได้แก่ วัชพืช เศษผัก ผลไม้ ใบไม้ หญ้า ฟางข้าวและซังข้าวโพด เป็นต้น เมื่อไม่มีสถานที่ฝังกลบเนื่องจากการเผาขยะจะช่วยลดปริมาณของขยะลงได้มาก

4.2 เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Incineration) เทคโนโลยีแบบนี้ใช้หลักการของการทำปฏิกิริยากันระหว่างสารอินทรีย์กับจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศ ซึ่งผลที่ได้คือก๊าซชีวภาพที่มีค่าความร้อนเพียงพอที่จะสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการผลิตไฟฟ้าได้ จากนั้นจะมีกากที่เหลือจากการย่อยสลายซึ่งจะถูกนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์หรือสารปรับสภาพดินที่เรียกว่า Compost หรือ Soil Conditioner

4.3 เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากหลุมฝังกลบขยะอินทรีย์หรือขยะย่อยสลายในชุมชน (Landfill Gas to Energy) เทคโนโลยีแบบนี้จะอาศัยการทำปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ในขยะกับจุลินทรีย์ ซึ่งมีลักษณะการเกิดก๊าซชีวภาพคล้ายกับเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่จะมีความแตกต่างกันที่ในหลุมฝังกลบจะมีสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเกิดก๊าซชีวภาพน้อยกว่าการย่อยสลาย อีกทั้งก๊าซชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะอินทรีย์จะมีสัดส่วนของแก๊สมีเทนในปริมาณต่ำกว่า



รูปที่ 3 หลักการทำงานของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าแบบหลุมฝังกลบขยะวัชพืชและมูลสัตว์ในชุมชน

5. การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์

5,1 วิเคราะห์ต้นทุนผลิตไฟฟ้า

การประเมินความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์จะอาศัยการประเมินถึงต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า สามารถคำนวณหาค่าได้จากสมการที่ (1) มีดังนี้

$$C_e = \frac{C + M - S}{E_i} \qquad (1)$$

กำหนดให้

C_e คือ ต้นทุนผลิตไฟฟ้า (บาท/kWh)

E_i คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh/ปี)

C คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนรายปี (บาท/ปี)

M คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและการบำรุงรักษากำหนดให้คงที่ตลอดอายุโครงการ (บาท/ปี)

S คือ มูลค่าเงินเทียบรายปี (บาท/ปี) ที่ได้จากการขายอุปกรณ์เมื่อสิ้นอายุการใช้งาน เท่ากับ 10% ของเงินลงทุน

การวิเคราะห์ต้นทุนตลอดอายุโครงการ จะมีต้นทุนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ต่างกัน จึงต้องมีการปรับมูลค่าที่เวลาต่างกันให้เป็นมูลค่า ณ เวลาเดียวกัน โดยใช้ความสัมพันธ์ด้วยปัจจัยดังนี้

1.หามูลค่าของเงินปัจจุบัน และมูลค่าของเงินในอนาคต กรณีที่มีการจ่ายเพียงครั้งเดียว

2.หามูลค่าเงินปัจจุบันและรายได้หรือรายจ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละปี

$$P = \frac{F}{(1+i)^n} \qquad (2)$$

$$P = A\left[\frac{(1+i)^n - 1)}{i(1+i)^n}\right] \qquad .. \qquad (3)$$

กำหนดให้

P คือ มูลค่าของเงินปัจจุบัน

F คือ มูลค่าของเงินในอนาคต

i คือ อัตราดอกเบี้ยต่อปีเท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ลูกค้าชั้นดี (MLR) ของธนาคารกรุงไทย [13]

n คือ ระยะเวลาที่ต้องการปรับมูลค่า

A คือ มูลค่าของเงินที่เท่าๆ กันทุกปี

การประเมินโครงการ จะต้องออกแบบโรงผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas Plant) ให้มีความคงทนและสามารถใช้ประโยชน์ได้สูงสุดตามวัตถุประสงค์ การออกแบบโรงผลิตก๊าซชีวภาพ ขนาดของโรงผลิตก๊าซชีวภาพจะต้องมีความเหมาะสมกับปริมาณวัตถุดิบที่จะหมัก ระยะเวลาเก็บวัตถุดิบที่จะหมักในถังหมักและปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตในแต่ละวัน ขนาดของถังย่อยสลาย (Scaling of the Digester) หาได้จากระยะเวลากักเก็บกับปริมาณสารข้นเหลวในแต่ละวัน ซึ่งสารข้นเหลวดังกล่าวนี้จะขึ้นกับปริมาณวัตถุดิบที่จะหมักและน้ำที่ผสม[1] โดยปริมาตรถังย่อยสลายหาได้จากสมการดังนี้

$$V_0 \text{ (ลิตร)} = S_d \text{ (ลิตร/วัน)} \times RT \text{ (วัน)} \qquad (4)$$

กำหนดให้

V_0 คือ ปริมาตรถังย่อยสลาย (ลิตร)

S_d คือ ปริมาณสารข้นเหลว: วัสดุหมัก + น้ำ (ลิตร/วัน)

RT คือ ระยะเวลากักเก็บ (วัน)

ขนาดที่เก็บก๊าซชีวภาพ (Scaling of Gasholder) หมายถึง ปริมาตรของที่เก็บก๊าซชีวภาพจะขึ้นกับปริมาณก๊าซที่ผลิตได้กับปริมาณการใช้ก๊าซ ค่าความจุของที่เก็บก๊าซชีวภาพจะเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาตรที่เก็บก๊าซต่อปริมาณก๊าซที่ผลิตได้ใน 1 วัน สามารถหาค่าจากสมการที่(5) ดังนี้

$$V_G \text{ (ลิตร)} = G_d \text{ (ลิตร/วัน)} \times C \qquad (5)$$

โดยที่ V_G คือ ปริมาตรที่เก็บก๊าซชีวภาพ (ลิตร)

G_d คือ ปริมาณก๊าซที่ผลิตได้ในแต่ละวัน (ลิตร/วัน)

C คือ ค่าความจุที่เก็บก๊าซชีวภาพ (%)

5.2 คำนวณหาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

การพิจารณาระยะเวลาคืนทุนเป็นการวัดผลตอบแทนจากการลงทุนว่าในระยะกี่ปีจึงจะได้รับทุนคืน ถ้าระยะคืนทุนที่มีค่าน้อยจะเป็นโครงการที่มีความคุ้มทุน สามารถคำนวณหาจากสมการที่(6) ดังนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\textbf{เงินลงทุนเริ่มแรก}}{\textbf{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \qquad (6)$$

5.3 คำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

การพิจารณามูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของรายได้และรายจ่ายตลอดอายุโครงการ ซึ่งมูลค่าปัจจุบันสุทธิจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงจำนวนผลประโยชน์สุทธิที่จะได้รับตลอดระยะเวลาของโครงการ อาจมีค่าเป็นลบ ศูนย์ หรือเป็นบวกก็ได้ [1] จะขึ้นอยู่กับมูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB) หักกับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (PVC) ของโครงการ หาค่าดังนี้

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} B_t - \sum_{t=1}^{n} C_t \qquad (7)$$

กำหนดให้

NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ

B_t คือ ผลตอบแทนของโครงการในปีที่ t

C_t คือ ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของโครงการในปีที่ t

t คือ รายปีของโครงการ คือ ปีที่ 0, 1, 2,...n

n คือ จำนวนอายุของโครงการ (ปี)

หากค่า NPV มีค่ามากกว่า 0 หมายถึง ผลประโยชน์ตลอดอายุของโครงการมีมากกว่าต้นทุนโครงการ เมื่อคิดเวลาปัจจุบันแสดงว่าโครงการมีความเป็นไปได้ควรทำการลงทุน

5.4 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio หรือ B/C Ratio)

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างมูลค่าในปัจจุบันของผลตอบแทนกับมูลค่าในปัจจุบันของเงินลงทุนและค่าใช้จ่าย โดยมีการคำนวณหาดังนี้

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^{n} B_t}{\sum_{t=1}^{n} C_t} \qquad (8)$$

ในโครงการนี้ถ้า B/C Ratio มีค่ามากกว่า 1 หมายความว่า โครงการให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนแสดงว่าควรทำการลงทุน แต่ถ้า B/C Ratio มีค่าน้อยกว่า 1 หมายความว่า ผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการไม่คุ้มกับการลงทุนที่เสียไป

5.5 อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนของโครงการ หมายถึง อัตราผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุน ซึ่งเป็นอัตราที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับสุทธิเท่ากับเงินลงทุนเริ่มแรกของโครงการ อัตราผลตอบแทนการลงทุนทั้งสิ้น คือ มูลค่าในปัจจุบันของเงินสดรับ (B) เท่ากับมูลค่าในปัจจุบันของเงินลดจ่าย (C) อัตราดอกเบี้ย (k) หนึ่งๆ โดย k คือ อัตราผลตอบแทนของโครงการ คำนวณจากการลองผิดลองถูก (Trial and Error) หาค่าได้ดังนี้ [1]

$$\sum_{t=1}^{n} \frac{R_t}{(1+k)^t} = 1 \qquad (9)$$

โดยที่ $R_t = B_t - C_t$

6. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าชุมชนด้วยการใช้พลังงานทดแทนก๊าซชีวภาพที่ได้จากเศษวัชพืชอินทรีย์สารทางเกษตรและมูลสัตว์ เพื่อศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในการพัฒนาการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพ โดยการดำเนินงานวิจัยได้ทำการศึกษาศักยภาพของวัตถุดิบที่ใช้หมักเป็นก๊าซชีวภาพ มีวิธีการดำเนินงานแสดงดังรูปที่ 5 ดังนี้

1. เริ่มจากการศึกษาปริมาณเศษวัชพืชอินทรีย์สารทางการเกษตรเพื่อนำมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ

2. ทำการเก็บข้อมูลปริมาณเศษวัชพืชทางการเกษตรในแต่ละวัน โดยแบ่งระยะเวลาในการเก็บข้อมูลเป็น 2 ช่วงเวลาคือเวลาช่วงเช้า และเวลาช่วงบ่าย

3. ทำการเก็บข้อมูลปริมาณมูลสัตว์ที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน โดยเริ่มศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ทุกตัว สำรวจและตรวจสอบจำนวนของสัตว์ กักเก็บสัตว์ภายในบริเวณพื้นที่คอกที่จำกัด จากนั้นให้อาหารสัตว์แล้วเก็บมูลสัตว์ทุกตัวมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่าเฉลี่ยปริมาณมูลสัตว์ต่อ 1 ตัวต่อ 1 วัน

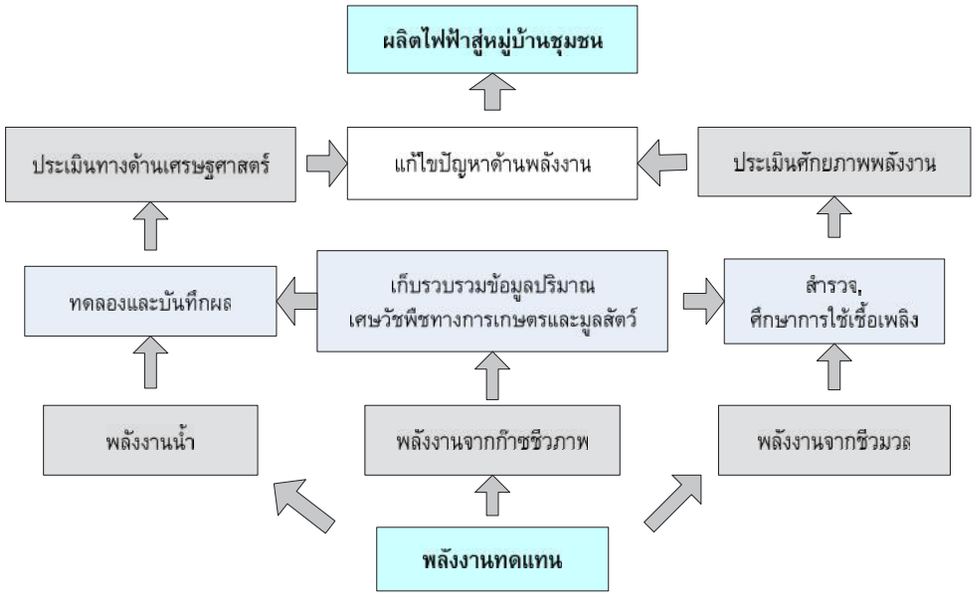
4. ศึกษาปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงเพื่อนำมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ ได้แก่ ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเศษวัชพืชทางการเกษตรและมูลสัตว์มาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ วิธีการจัดเก็บวัตถุดิบและศึกษาชนิด ขนาดและรูปทรงของถังหมัก

5. ทำการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน อัตราผลตอบแทน

6. ทำการทดลอง ตามขั้นตอนการทดลองและวิธีการปฏิบัติ

7. บันทึกเก็บผลข้อมูลที่ได้ แก้ไขปัญหาที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

รูปที่ 4 ถังหมักก๊าซชีวภาพและถังเก็บก๊าซชีวภาพจากเศษวัชพืชทางการเกษตรและมูลสัตว์ [2]



รูปที่ 5 โครงสร้างกรอบความคิดการดำเนินงานวิจัย

7. ขั้นตอนการหมักก๊าซชีวภาพ

นำมูลสัตว์แห้งหรือเปียกผสมกับน้ำแล้วใส่ลงไปในถังหมักปริมาตร 28 % ของตัวถังใช้ท่อพีวีซี แล้วกระทุ้งให้มูลสัตว์กระจายตัวให้ทั่วถึงกัน หมักมูลสัตว์ที่เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในถังประมาณ 10-15 วัน จากนั้นเติมน้ำลงไปประมาณ 70 %ของถัง ซึ่งจะอยู่ที่ระดับน้ำล้นของถัง จึงสามารถเติมเศษวัชพืชหรือมูลสัตว์เพื่อผลิตก๊าซต่อไป [2-4] ในระยะแรกเติมวัตถุดิบเล็กน้อยทุกวันที่มีการใช้ก๊าซประมาณ 1-3 กิโลกรัม แต่ไม่ควรเกิน 4 กิโลกรัมต่อวัน เมื่อใช้ไปนานๆ สามารถเติมเพิ่มได้มากขึ้นแต่ไม่เกิน 10 กิโลกรัม เมื่อเติมลงช่องให้ใช้ท่อพีวีซี กระทุ้งขึ้น-ลงทำให้เศษวัชพืชกระจายตัว กระบวนการย่อยเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพจะใช้เวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นถังเก็บก๊าซที่คว่ำอยู่จะเริ่มลอย ก๊าซที่เกิดขึ้นเริ่มแรกให้ปล่อยทิ้งก่อนเพราะจะจุดไฟไม่ติดหรือติดยากเพราะว่ามีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มาก เมื่อหมักจนเกิดก๊าซชีวภาพตั้งแต่ถังที่ 2 ต่อไปจึงสามารถจุดไฟใช้งานได้

8. ผลการวิจัย

จากการศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์และการประเมินโครงการ สามารถสรุปผลการวิจัยและผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

8.1 ศักยภาพและต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า เมื่อพิจารณาปริมาณ ส่วนประกอบของขยะอินทรีย์ในชุมชนรวมถึงความสามารถและข้อจำกัดของแต่ละเทคโนโลยีรวมทั้งค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้น พบว่าเศษวัชพืชและมูลสัตว์ในชุมชนของพื้นที่มีศักยภาพมากพอที่จะผลิตไฟฟ้าได้ และการใช้เทคโนโลยีเตาเผาสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุด 75 kWh/ตัน รองลงมาคือใช้เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนและเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากหลุมฝังกลบเศษวัชพืชและมูลสัตว์ จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 25 kWh/ตัน และ18 kWh/ตัน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 และในพื้นที่ชุมชนมีฟาร์มเลี้ยงสัตว์คือ โค กระบือ สุกร และไก่ ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของปริมาณมูลสัตว์โดยการทดลองกักบริเวณสัตว์ไว้ในคอก แล้วเก็บมูลสัตว์ที่เกิดขึ้นในแต่ละวันไปชั่งน้ำหนัก เพื่อหาค่าเฉลี่ยปริมาณมูลสัตว์ที่เกิดขึ้นแล้วเฉลี่ยเป็นปริมาณมูลสัตว์ต่อตัวต่อวัน จากนั้นคำนวณหาปริมาณมูลสัตว์ทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 1 ผลศักยภาพและต้นทุนในการผลิตพลังงานจากเศษวัชพืชและมูลสัตว์ในชุมชนทั้ง 3 เทคโนโลยี

การเลือกเทคโนโลยี	เตาเผา	การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน	หลุมฝังกลบเศษวัชพืชและมูลสัตว์
ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า (บาท/ kWh)	28.50	14.32	5.50
ผลิตพลังงานไฟฟ้า (kWh/ตัน)	75	25	18

ตารางที่ 2 ผลสรุปการประเมินศักยภาพของต้นทุนค่าใช้จ่ายและรายรับในโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานก๊าซชีวภาพ

รายการ	จำนวน	(หน่วย)
1. ต้นทุน/รายจ่าย		
1.1 ค่าวัตถุดิบ	82,000	บาท/ปี
1.2 ค่าไฟฟ้า	19,500	บาท/ปี
1.3 ค่าจ้างพนักงาน		
- ผู้บริหารโครงการ (1 คน)	14,000	บาท/เดือน/คน
- พนักงานลำเลียงเศษวัชพืชและกากวัตถุดิบ (3 คน)	7,500 x 3 คน	บาท/เดือน/คน
- พนักงานดูแลเครื่องและLab test (2 คน)	9,000 x 2 คน	บาท/เดือน/คน
- พนักงานบรรจุปุ๋ยและจัดจำหน่าย (3 คน)	7,500 x 3 คน	บาท/เดือน/คน
1.4 ค่าน้ำมันขนส่ง	30,350	บาท/ปี
1.5 ค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องอัดก๊าซ	24,800	บาท/ปี
1.6 ค่ายานพาหนะและอุปกรณ์ขนส่งวัตถุดิบ	118,500	บาท/ปี
1.7 ค่าถังหมัก/ ระบบอัดบรรจุก๊าซ	129,500	บาท/ปี
รวมต้นทุนรายจ่าย	1,328,650	บาท/ปี
2. รายรับ		
2.1 รายได้จากการขายกากปุ๋ย	553,674.98	บาท/ปี
2.2 รายได้จากการผลิตก๊าซชีวภาพ	693,135	บาท/ปี
รวมรายรับ	1,246,809.98	บาท/ปี

8.2 การประเมินต้นทุนค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการลงทุนที่ใช้พลังงานทดแทน จำแนกได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนแรกเงินลงทุนเริ่มต้นเป็นค่ายานพาหนะและอุปกรณ์ขนส่งวัตถุดิบ ส่วนที่สองค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อปี ได้แก่ ค่าวัตถุดิบ ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำมันขนส่ง ค่าซ่อมบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการโครงการ จะประกอบด้วย ค่าจ้างพนักงาน ได้แก่ ผู้บริหารโครงการ พนักงานลำเลียงเศษวัชพืชและกากวัตถุดิบเข้าเครื่อง พนักงานดูแลเครื่องและLab test พนักงานบรรจุปุ๋ยและจัดจำหน่าย

8.3 การประเมินรายรับสุทธิ

จากการประเมินรายรับแสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งเกิดจากค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากค่าไฟฟ้า รวมกับรายได้จากการขายกากปุ๋ยและรายได้จากการผลิตก๊าซชีวภาพ พิจารณาประเภทของชีวมวลและปริมาณเศษวัชพืชทางการเกษตรโดยคิดเฉลี่ยรวม 2,319.83 กิโลกรัม/วัน จะได้ปริมาณไฟฟ้ารวมทั้งหมด 100,304 kWh หรือมีพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 3.93 MW ซึ่งเป็นเหตุผลทำให้การผลิตไฟฟ้าที่ใช้พลังงานทดแทนเกิดจากชีวมวลมีปริมาณไม่แน่นอน ค่าขนส่งจากแหล่งชีวมวลระยะไกลมีค่าใช้จ่ายสูง

ตารางที่ 3 ผลการประเมินศักยภาพปริมาณไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าในแต่ละประเภทของชีวมวล

ประเภทของชีวมวล	ปริมาณเศษวัชพืชโดยคิดเฉลี่ย (กิโลกรัม/ วัน)	ปริมาณไฟฟ้า (kWh)	ปริมาณไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้า (MW)
ฟางข้าว	540.23	23,149	965	0.96
ชานอ้อย	780.54	24,928	1,039	1.04
ซังข้าวโพด	258.09	12,643	427	0.43
ยอดและใบอ้อย	310.72	18,216	640	0.64
เหง้ามันสำปะหลัง	430.25	21,368	860	0.86
รวม	2,319.83	100,304	3,931	3.93

ตารางที่ 4 ผลศักยภาพปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากมูลสัตว์

ประเภทวัตถุดิบ	ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ (ลิตร/กิโลกรัม)	ปริมาณมูลสัตว์ที่ใช้ในการผลิตจริง (กิโลกรัม/ วัน)	ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ (ลิตร/วัน)
1. สุกรแม่พันธุ์, สุกรพ่อพันธุ์	68	235.47	16,011.96
2. กระบือ,โคเนื้อ, โคนม	30	1,452.16	43,564.80
3. สัตว์ปีก (ไก่)	45	30.24	1,360.80
รวม		1,717.87	60,937.56

8.4 การวิเคราะห์และประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

งบประมาณในการลงทุนโครงการผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ของชุมชน สามารถแบ่งงบประมาณในการลงทุนออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรกงบประมาณลงทุนระบบผลิตก๊าซชีวภาพและปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ ส่วนที่สองเป็นงบประมาณการลงทุนระบบผลิตไฟฟ้าด้วย Gas Engine Generator และส่วนที่สามเป็นงบประมาณค่าใช้จ่ายอื่นๆ ซึ่งการลงทุนและผลตอบแทนจากการผลิตก๊าซชีวภาพสามารถนำมาคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน(B/C Ratio) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) โดยกำหนดให้มีสมมุติฐานดังนี้ อัตราผลตอบแทนต่ำสุด 10 % ระยะเวลาโครงการ 3 ปี ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร เทียบกับก๊าซ LPG = 0.46 kg การดำเนินงานเป็นเวลา 250 วันต่อปี ราคากากปุ๋ยจากการผลิตก๊าซชีวภาพกิโลกรัมละ 1 บาท จากการสำรวจเก็บข้อมูลวัตถุดิบพบว่าปริมาณเศษวัชพืชทางเกษตรทั้งหมด 2,319.83 กิโลกรัม/วัน ปริมาณมูลสัตว์ที่ใช้ในการผลิตมีค่า 1,717.87 กิโลกรัม/วัน ดังนั้นศักยภาพพลังงานของเศษวัชพืชทางเกษตรและมูลสัตว์ที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพทั้งหมด 4,037.7 กิโลกรัม/วัน จากการวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ทางเศรษฐศาสตร์เทียบกับก๊าซ LPG มีค่า 171.08 กิโลกรัม/วัน สามารถอัดบรรจุถุงเลือกขนาด 15 kg เมื่อปริมาณก๊าซที่บรรจุในถังเท่ากับ 0.64 kg จะได้จำนวน 211 ถัง/วัน ถ้าขายในราคาทดแทนพลังงานก๊าซ LPG คิดเป็นราคาถังละ 9 บาท ทำให้ได้ผลตอบแทนเป็นเงิน 1,899 บาท/วัน ดังนั้นจะได้ผลตอบแทนเท่ากับ 693,135 บาท/ปี และกากที่ได้หลังจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพมี 5,925.46 ลิตร/วัน ปริมาณกากแห้งมีประมาณ 25.6 % จึงมีปริมาณกากทั้งสิ้น 1,516.92 กิโลกรัม/วัน คิดเป็น 553,674.98 กิโลกรัม/ปี ถ้าขายในอัตรากิโลกรัมละ 1 บาทจะมีรายได้จากการขายกากเป็นเงิน 553,674.98 บาท/ปี ทำให้มีรายได้จากโครงการทั้งหมดเป็นเงิน 1,246,809.98 บาท/ปี และทำให้มีกำไรสุทธิรวม 3 ปีเป็นเงิน 166,723.94 บาท/ปี สามารถคำนวณหาค่าทางเศรษฐศาสตร์แสดงตารางที่ 5 [1] ดังนี้

1. คำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) NPV = 47,528.04 บาท
2. อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio หรือ B/C Ratio) $B/C\ Ratio = \frac{3,377,916.04}{3,330,388} = 1.01$
3. ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) $= \frac{1,328,650}{1,246,809.98}$ = 1 ปี 1 เดือน

ตารางที่ 5 การประเมินเงินลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ในโครงการผลิตไฟฟ้าชุมชนจากก๊าซชีวภาพ

ปีที่	ผลตอบแทน : B (บาท/ปี)	ต้นทุน : C (บาท/ปี)	กำไรสุทธิ B-C (บาท/ปี)	อัตรา ผลตอบแทน ต่ำสุด 10 %	มูลค่าปัจจุบัน ของรายได้ PVB (บาท)	มูลค่าปัจจุบัน ของต้นทุน PVC (บาท)	PV B-C (บาท/ปี)
0	0	1,328,650	-1,328,650	1.00	0	1,328,650	-1,328,650
1	1,246,809.98	748,352	498,457.98	0.91	1,230,643.52	739,568	491,075.52
2	1,246,809.98	748,352	498,457.98	0.84	1,164,738.16	683,954	480,784.16
3	1,246,809.98	748,352	498,457.98	0.75	982,534.36	578,216	404,318.36
รวม	3,740,429.94	3,573,706	166,723.94	-	3,377,916.04	3,330,388	47,528.04

9. สรุปผล

จากการศึกษาและพัฒนาการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทาการเกษตรนั้น สามารถสร้างเตาชีวมวลอย่างง่ายและสามารถออกแบบและสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพและถังเก็บก๊าซ เพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในการนำเข้าก๊าซ LPG ปริมาณชีวมวลที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ จะแปรผันและขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของประเทศ ดังนั้นการประเมินศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าชุมชน พบว่าถังหมักก๊าซชีวภาพมีต้นทุนในการสร้าง 1,328,650 บาท ผลตอบแทนที่ได้ปีละ 1,246,809.98 บาท โครงการนี้มีระยะเวลาคืนทุน 1 ปี 1 เดือน มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV คือ 47,528.04 บาท มีค่ามากกว่า 0 จึงบอกได้ว่าโครงการนี้มีความเป็นไปได้น่าลงทุน และB/C Ratioมีค่า 1.01 บอกได้ว่าโครงการนี้ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมาก ทำให้โครงการนี้เป็นที่ยอมรับได้

10. เอกสารอ้างอิง

[1] ปัทมาวดี สิทธิวรเดช และคณะฯ, “การประเมินศักยภาพพลังงานในการผลิตก๊าซชีวภาพฯ”, การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, จ.ภูเก็ต, หน้า 83-89, 3-5 พฤษภาคม 2554.

[2] สุพจน์ เกิดมี และคณะฯ, ”รายงานการวิจัยเรื่องพัฒนาการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพฯ”, ม.ราชภัฏเพชรบูรณ์, กันยายน 2555.

[3] สถานเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ, 2548,”ทฤษฎีของก๊าซชีวภาพ”, สถาบันวิจัยและพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, จ. เชียงใหม่.

[4] ธีรพล วัฒนโกศล, 2548, “ฐานข้อมูลระบบผลิตก๊าซชีวภาพในโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง”, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.