

การเปรียบเทียบความคุ้มค่าของการผลิตก๊าซชีวภาพกับการอัดแท่งเชื้อเพลิง จากกากของเสียการเพาะเห็ดฟาง

Comparison of the value of the biogas and fuel sticks of the straw mushroom crop

เสถียร เจียนครบุรี^{1*}, ประยงค์ กิรติอุไร²

^{1*} สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

² สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

บทคัดย่อ

ประเทศไทยต้องการพลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ก๊าซธรรมชาติเป็นพลังงานที่มีการใช้เป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มว่ากำลังจะหมดในอนาคต เกษตรกรบ้านหนองกระทุ่ม หมู่ที่ 3 ต.ภูหลวง อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา เพาะเห็ดฟางแบบโรงเรือนโดยใช้วัสดุหลักเป็นกากมันสำปะหลัง มูลวัว ปุ๋ยบำรุงดิน รำอ่อน กากน้ำตาล ปูนขาว และอีเอ็ม มีอัตราส่วน 6000 : 250 : 25 : 20 : 10 : 5 : 1 กิโลกรัม ตามลำดับ หลังจากเก็บเห็ดฟางเพื่อจำหน่ายแล้วเหลือกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง ทำการทดลองนำกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง มาทำการผลิตก๊าซชีวภาพระบบไร้ออกซิเจนชนิดกวนสมบูรณ์ ลงในถังผสมกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง แล้วปล่อยน้ำเสียมาสู่ถังหมักก๊าซชีวภาพ ทำการหมักแบบกะ (batch) ที่ระยะเวลาพักเก็บน้ำเสีย 3, 5, 7 และ 9 วัน ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นสูงสุดเท่ากับ 0.098 m³/วัน ระยะเวลาพักเก็บที่ 5 วัน การอัดแท่งเชื้อเพลิงเหี่ยวและถ่านอัดแท่ง โดยใช้แยมเป็นตัวประสาน ที่อัตราส่วนกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟางต่อแยม ที่ 3:0.5, 4:0.5 และ 5:0.5 กิโลกรัม แล้วนำไปอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแบบเกลียว นำไปอบให้แห้ง ทดลองเปรียบเทียบ เชื้อเพลิงเหี่ยว ถ่านอัดแท่ง และถ่านจากไม้ พบว่า ถ่านอัดแท่ง ให้พลังงานความร้อนได้ดีที่สุด ดังสมการ $y = 0.293x - 0.8372$ ที่ $R^2 = 1$ การเปรียบเทียบความคุ้มค่าด้วยดัชนีทางเศรษฐศาสตร์ ควรลงทุนอัดแท่งเชื้อเพลิงเหี่ยว ซึ่งมีค่า NPV ที่ 27,322.54 บาท/ปี IRR ที่ 48.95 % B/C ที่ 1.04 และ PB ที่ 1.73 ปี

คำสำคัญ : ก๊าซชีวภาพ, ชีวมวล, การจัดการกากของเสีย

Abstract

The renewable energy requirement of Thailand was increased continuously. Natural gas was the energy that has been used a lot and it was likely to be exhausted in the future. The farmers who lived in Ban Nong Kra Thum, Moo 3, Phu Luang subdistrict, Pakthong Chai district, Nakhon Ratchasima province. They planted the straw mushroom with houses. The main materials were used in the cultivation of the straw mushrooms that they were cassava pulps, cow manures, fertilizers, bran, molasses, lime and EM as 6000 : 250 : 25 : 20 : 10 : 5 : 1 kilograms, respectively. The solid wastes of the straw mushroom crop were taken for biogas production. The system was anaerobic digestion with the continuous stirred tank reactor. The fermentation was batch process. The hydraulic retention times were the 3 days, 5 days, 7 days, and 9 days. The maximum biogas production was 0.098 m³ / day in the hydraulic retention time as 5 days. The solid wastes of the straw mushroom crop were taken for the production of fuel sticks. The fuel sticks were the green charcoal and the charcoal powder briquette. The green charcoal and the charcoal powder briquette production used starches as a binder. The ratio of the solid wastes of the straw mushroom crop and starches mixing were 3:0.5, 4:0.5, and 5:0.5 kilograms, respectively. The mixtures were applied to bars with screw compressors and dryers to dry. These tests compared the heat energy of the green charcoal, the charcoal powder briquette and the normal wood charcoal. The results found that the charcoal powder briquette provided the maximum of heat energy. The equation of the relation between the heat energy to times was $y = 0.293x - 0.8372$ at $R^2 = 1$. While the biogas production, the green charcoal, the charcoal powder briquette production were evaluated the value from various economic indicators. They were concluded that the green charcoal production should be most invested. The net present value (NPV) of the green charcoal production was 27,322.54 baht/year. Internal rate of return of investment (IRR) was 48.95 %. The B/C ratio was 1.04. The payback period of the green charcoal production was also the shortest of 1.73 years.

Keywords : Biogas, Biomass, Solid waste treatment

บทนำ

ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลมาจากนโยบายการพัฒนาพลังงานทดแทน ที่มีเป้าหมายให้มีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นในทุกภาคส่วนของสังคม นอกจากนี้จะเป็นการลดการใช้พลังงาน ยังเป็นการลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศอีกด้วย โดยที่การใช้พลังงานทดแทนดังกล่าว จะใช้ ในรูปของไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน, 2554) เกษตรกรกลุ่มเพาะเห็ดฟาง หมู่บ้านหนองกระทุ่ม หมู่ที่ 3 ต.ภูหลวง อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา เป็นหมู่บ้านที่มีการเพาะเห็ดฟางแบบโรงเรือน ใช้วัสดุหลักในการเพาะ คือ กากมันสำปะหลัง มูลวัว รำอ่อน กากน้ำตาล ปุ๋ยบำรุงดิน ปูนขาว และ อีเอ็ม มีอัตราส่วน 6000 : 250 : 25 : 20 : 10 : 5 : 1 กก. ตามลำดับ แต่เมื่อมีการเพาะเห็ดฟางเป็นจำนวนมาก จึงทำให้มีกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟางเป็นจำนวนมากด้วยเช่นกัน ผลกระทบที่เกิดจากกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟางทำให้เกิดกลิ่นเหม็น เป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์น้ำโรค เช่น แมลงวัน เกิดเชื้อราส่งผลกระทบต่อ การเพาะเห็ดฟาง เกษตรกรกลุ่มเพาะเห็ดฟางทำการจัดการกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟางด้วยการนำไปทำปุ๋ย แต่เมื่อมีกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟางมากเกินไปจนเกินกว่าจำนวนเนื้อที่ทางการเกษตรของตนเองแล้ว เกษตรกรจึง

จำเป็นต้องให้กากของเสียจากการเพาะเห็ดฟางให้บุคคลอื่นที่มีพื้นที่ทางการเกษตรมาก โดยไม่เกิดรายได้

ผู้วิจัย จึงได้ศึกษาการเปรียบเทียบความคุ้มค่าของการผลิตก๊าซชีวภาพกับการอัดแท่งเชื้อเพลิงจากกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง เพื่อเป็นแนวทางการจัดการวัสดุเหลือใช้จากการเพาะเห็ดฟาง ให้กับเกษตรกรกลุ่มเพาะเห็ดฟางบ้านหนองกระทุ่ม หมู่ที่ 3 ต.ภูหลวง อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพและอัดแท่งเชื้อเพลิง ด้วยกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง
2. เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าของการผลิตก๊าซชีวภาพและอัดแท่งเชื้อเพลิง ด้วยกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง

ระเบียบวิธีการวิจัย

ในการศึกษาความคุ้มค่าของการผลิตก๊าซชีวภาพกับอัดแท่งเชื้อเพลิง ด้วยกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง ได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพด้วยการทดลองการผลิตก๊าซชีวภาพระบบไร้ออกซิเจนชนิดกวนสมบูรณ์ แล้วทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ ได้แก่ pH, DO, COD, TS และ SS 2) ศึกษาการอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียวและถ่านอัดแท่งด้วยกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟางแล้วทำ

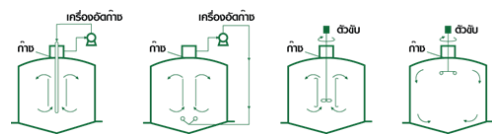
การวิเคราะห์หาค่าพลังงานความร้อน
3) ศึกษาความคุ้มค่าด้วยดัชนีทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ NPV, IRR, PB และ B/C

1. ศึกษาการเกิดก๊าซชีวภาพด้วยการทดลองการผลิตก๊าซชีวภาพระบบไร้ออกซิเจนชนิดกวนสมบูรณ์ ดังภาพที่ 1 ก๊าซชีวภาพ เป็นพลังงานสะอาดที่เกิดจากการนำของเสีย เช่น มูลสัตว์ น้ำเสีย ขยะ และของเหลือใช้ทางการเกษตร มาผ่านกระบวนการหมักเพื่อให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ ในสภาวะไร้ออกซิเจนโดยแบคทีเรียหลายชนิด เมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม องค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพ ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 60-70 % ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 28-38 % ก๊าซอื่น ๆ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และไนโตรเจน (N_2) ประมาณ 2 % เป็นต้น กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียในสภาพไร้ออกซิเจน แบ่งออกได้ 3 ขั้นตอน ดังนี้ (การผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียฟาร์มปศุสัตว์และโรงงานอุตสาหกรรม)

- 1) การสลายสารโมเลกุลใหญ่ สารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน จะถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ ทำให้แตกตัวมีขนาดโมเลกุลเล็กลง
- 2) การผลิตกรดอินทรีย์ สารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลเล็กลง จะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่ายและสารอื่น ๆ โดยแบคทีเรียพวกสร้างกรด กรดที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ คือ กรดอะซิติกและกรดโพรพิโอนิก
- 3) การผลิตก๊าซมีเทน กรดอินทรีย์ระเหยง่าย

จะถูกย่อยสลายเป็นก๊าซมีเทน (CH_4) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นส่วนใหญ่ อาจมีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไนโตรเจน (N_2) และไฮโดรเจน (H_2) และไอน้ำผสมอยู่ด้วย ซึ่งรวมกันเรียกว่า “ก๊าซชีวภาพ”

1.1 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบถังกวนสมบูรณ์ (CSTR)



ภาพที่ 1 การทำงานของถังผลิตก๊าซชีวภาพระบบไร้ออกซิเจนชนิดกวนสมบูรณ์
ที่มา : Green Energy Network Co., Ltd., 2012.

ข้อดีของระบบ CSTR รับน้ำเสียที่มีสารแขวนลอยสูงได้ดีมีประสิทธิภาพการย่อยสลายน้ำเสียโดยเฉพาะน้ำเสียประเภทที่มีของแข็งแขวนลอยสูงได้ดี เนื่องจากมีการกวนผสมที่ดี

ข้อเสียของระบบ CSTR ต้องการพลังงานในการกวนผสมยังมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียขาออกอยู่ในเกณฑ์สูงมีการสูญเสียจุลินทรีย์ในปริมาณที่สูง

1.2 ทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ ได้แก่ pH, DO, COD, TS และ SS ด้วยการวัดค่า น้ำเข้า และน้ำออก มาทำการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ เพื่อได้ทราบค่า

ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบ
ผลิตก๊าซชีวภาพระบบไร้ออกซิเจนชนิดกวน
สมบูรณ์

$$\% \text{effpH} = \frac{\text{in} - \text{out}}{\text{in}} \times 100 \quad \dots (1)$$

ผลการศึกษาพบว่าระบบการผลิต
ก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารในขนาด 200
กิโลกรัมเศษอาหารต่อวัน เติบโตระบบ 365
วัน/ปี อายุของโครงการ 15 ปี ให้แก๊ส
ชีวภาพโดยเฉลี่ย 4,147 กิโลกรัม(แก๊ส)/ปี
เทคโนโลยีที่ให้ความคุ้มค่าทาง
เศรษฐศาสตร์มากที่สุด คือ เทคโนโลยี
CSTR 1-Stage อัตราผลตอบแทน IRR
เท่ากับ 47.10% และระยะเวลาคืนทุนเร็ว
ที่สุดคือ 2.12 ปี (กฤตภาส สิงคบุตร และ
คณะ, 2554)

2. ศึกษาการอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียว
ด้วยกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง แล้ว
ทำการวิเคราะห์หาค่าพลังงานความร้อน

สูตรพลังงานความร้อน

$$Q = wc\Delta t \quad \dots (2)$$

เมื่อ Q คือ ค่าความร้อน
w คือ มวลน้ำต่อเวลา
c คือ ค่าความจุจำเพาะ
 Δt คือ อุณหภูมิ

2.1 ประเภทของแท่งเชื้อเพลิง
แท่งเชื้อเพลิงที่มีการผลิตขึ้นในปัจจุบันมี 2
ประเภท คือ 1) ถ่านอัดแท่ง เป็นการนำชีว
มวลหรือของเสียที่เผาจนเป็นถ่านแล้วมาอัด
เป็นแท่ง หรืออาจนำแท่งเชื้อเพลิงที่อัดเป็น
แท่งแล้วมาเผาให้เป็นแท่งถ่านก็ได้ 2) แท่ง

เชื้อเพลิงเขียว เป็นการนำชีวมวลหรือของ
เสียมาอัดแท่งแล้วนำไปใช้งานโดยตรง ไม่
ต้องมีขั้นตอนการเผาเหมือนเช่นถ่านอัด
แท่ง ตัวอย่างในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ถ่านอัดแท่งและเชื้อเพลิงเขียว

2.2 กระบวนการอัดเย็น (Cold
Press Process) เหมาะสำหรับวัสดุที่ไม่มี
คุณสมบัติในการจับตัวได้ด้วยความร้อน
มี 2 วิธี คือ การอัดเย็นด้วยแรงดันสูงและ
การอัดเย็นชนิดเติมตัวประสาน ในที่นี้ใช้
การอัดเย็นชนิดเติมตัวประสาน ใช้แป้งมัน
เป็นตัวการนำตะกอนเปียกเพื่อนำไปเป็น
เชื้อเพลิงทดแทน นำตะกอนเปียกมา
อัดแบบร้อน และแบบเย็น เพื่อ
เปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้พลังงาน
ความร้อน พบว่า ถ่านอัดแบบเย็นมีปริมาณ
คาร์บอนคงตัวสูง ซึ่งเป็นส่วนที่เผาไหม้ให้
พลังงานร้อยละ 59.01 และค่าความร้อน
24,790.38 KJ/kg (วลัยรัตน์ อุตตะมะ
ปรากรม และธราพงษ์ วิทิตสานนท์, 2554)

3. ศึกษาความคุ้มค่าด้วยดัชนีทาง
เศรษฐศาสตร์ ได้แก่ NPV, IRR, PB และ
B/C

3.1 มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน
สุทธิ (Net presentvalue, NPV)

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} + C_0 \dots (3)$$

โดยกำหนดให้ :

B_t = ผลตอบแทนของโครงการที่เกิดขึ้นในปีที่ t

C_t = ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและค่าบำรุงรักษาสินค้าทุนของโครงการที่เกิดขึ้นในปีที่ n

C_0 = ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก

i = อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ธนาคาร หรืออัตราส่วนลด

t = ปีการดำเนินงานโครงการ คือ ตั้งแต่ปีที่ 1, 2, 3, n

n = อายุของโครงการ

3.2 อัตราผลตอบแทนภายในของการลงทุนโครงการ (Internal rate of return, IRR)

$$IRR = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \left[\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} + C_0 \right] = 0 \dots (4)$$

3.3 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio หรือ B/C ratio)

$$B/C(\text{ratio}) = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} + C_0} \dots (5)$$

3.4 ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (Payback period)

$$PB = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \dots (6)$$

ผลการวิจัย

จากการศึกษาความคุ้มค่าของการผลิตก๊าซชีวภาพกับอัดแท่งเชื้อเพลิง ด้วยกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง

โดยดำเนินการตาม ทั้ง 3 ข้อ สามารถแสดงได้ดังนี้

1. จากผลศึกษาการเกิดก๊าซชีวภาพด้วยการทดลองการผลิตก๊าซชีวภาพระบบไร้ออกซิเจนชนิดกวนสมบูรณ์ ด้วยการหมักกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง 20 กก. ลงในถังผสมกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง แล้วปล่อยน้ำเสียมาสู่ถังหมักก๊าซชีวภาพ ทำการหมักแบบกะ (batch) ที่ 3, 5, 7 และ 9 วัน พบว่าชุดผลิตก๊าซชีวภาพระบบไร้ออกซิเจนชนิดกวนสมบูรณ์สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นสูงสุดเท่ากับ $0.098 \text{ m}^3/\text{วัน}$ ได้ $y = 0.0042x + 0.0641$ ที่ $R^2 = 0.5383$ ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 3

ตารางที่ 1 การทดลองผลิตก๊าซชีวภาพ

ระยะเวลา กักเก็บ (วัน)	ปริมาณก๊าซเฉลี่ยต่อวัน (m^3/day)
3	0.067
5	0.098
7	0.098
9	0.095

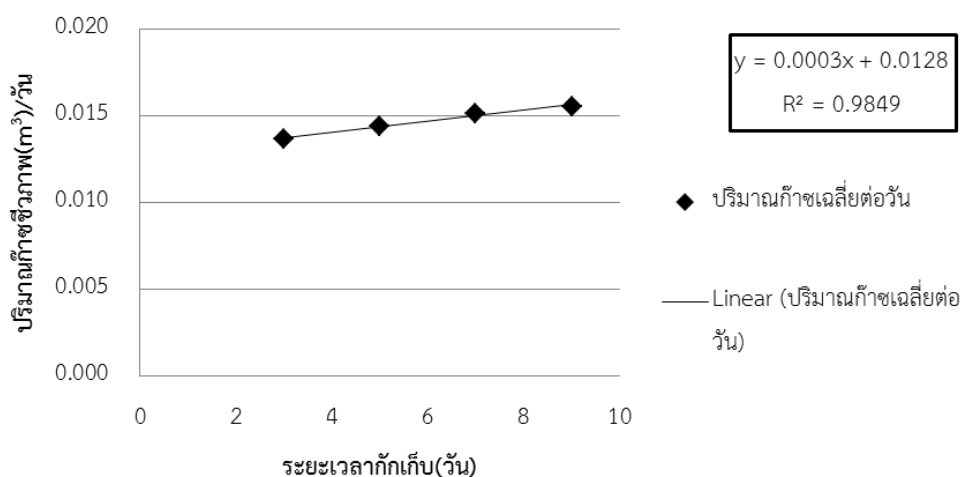
ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ ได้แก่ DO, COD, TS และ SS จากผลการศึกษาผลิตก๊าซชีวภาพระบบไร้ออกซิเจนชนิดกวนสมบูรณ์ ด้วยการหมักกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง จากถังหมักก๊าซชีวภาพแบบกะ (batch) ใช้ระยะเวลาการกักเก็บน้ำเสีย 3, 5, 7, 9 วัน ทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง ทำการวัดค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ DO,

COD, TS, SS น้ำเสียเข้า น้ำเสียออก ได้ค่า เกิดขึ้นที่การหมัก 9 วัน ที่ DO 100.00%, ประสิทธิภาพดีที่สุดในระยะเวลาที่เก็บที่ COD 80.00%, TS 18.90%, SS 19.77% 9 วัน การบำบัดน้ำเสียของการผลิตก๊าซ ดังแสดงในตารางที่ 2

ชีวภาพระบบไร้ออกซิเจนชนิดกวนสมบูรณ์

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย

จำนวนวันกักเก็บ น้ำเสีย	% eff DO	% eff COD	% eff TS	% eff SS
3	83.50	0.00	2.741	2.326
5	66.50	50.00	4.631	3.488
7	83.50	80.00	13.422	13.953
9	100.00	80.00	18.904	19.767



ภาพที่ 3 ปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยจากระบบหมักชีวภาพแบบไร้ออกซิเจนชนิดกวนสมบูรณ์ จากกากของเสียการเพาะเห็ดฟาง

2. ศึกษาการอัดแท่งเชื้อเพลิงเหี่ยว ด้วยกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง ด้วยเครื่องอัดแบบเกลียว โดยนำกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟางผสมกับแป้งมัน ทั้งเชื้อเพลิงเหี่ยวและถ่านอัดแท่งใน

อัตราส่วน 3:0.5, 4:0.5 และ 5:0.5 กก. ทำการอัด จำนวน 90 ตัวอย่าง นำตัวอย่างที่ได้มาอบให้แห้ง นำเชื้อเพลิงเหี่ยว ถ่านอัดแท่งและถ่านจากไม้ ทำการทดลอง ด้วยวิธีการต้ม น้ำหนัก 3 กก. หาอุณหภูมิ

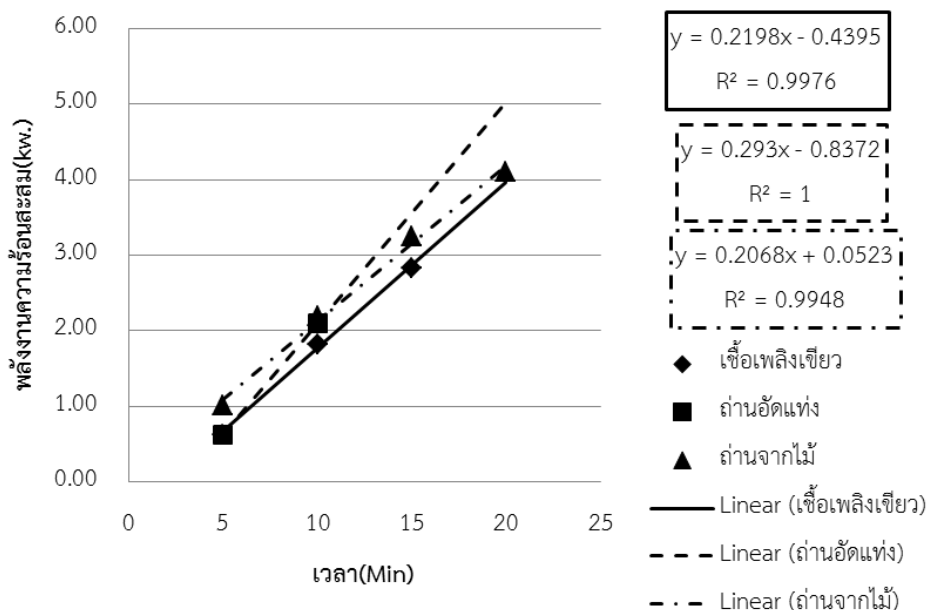
ที่เปลี่ยนไปของน้ำ จากอุณหภูมิห้องจนถึง 100 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณแท่งเชื้อเพลิง 1, 2 และ 3 กก. พบว่า ถ่านอัดแท่งปริมาณ 3 กก. ที่อัตราส่วนผสม 4:0.5 กก. ทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนจากอุณหภูมิห้องจนถึง 100 องศาเซลเซียส เร็วที่สุด 10 นาที ดังแสดงในตารางที่ 3 แล้วทำการหาค่าพลังงานความร้อน เชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด ทำการเปรียบเทียบ ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงเขียว ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วนกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟางต่อแป้งมัน ที่ 4:0.5 กิโลกรัม และ ถ่านจากไม้ที่น้ำหนัก 1, 2 และ 3 กก. พบว่า ถ่านอัดแท่งที่น้ำหนัก 3 กก. ให้พลังงานความร้อนได้ดี

ที่สุด ดังสมการ $y = 0.293x - 0.8372$ ที่ $R^2 = 1$ ดังแสดงในภาพที่ 4

3. ศึกษาความคุ้มค่าด้วยดัชนีทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ NPV, IRR, B/C และ PB ที่อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ MLR 6.87% ธนาคารกรุงไทย วันที่ 23 ธันวาคม 2556 ปริมาณกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง 2,961 กก./เดือน ปริมาณก๊าซชีวภาพ 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ ก๊าซ LPG 0.46 กก. (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน, 2554) แก๊ส LPG ถึงละ 370 บาท (วันที่ 20 ก.พ. 57) ราคาเชื้อเพลิงเขียว 7 บาท/กก. ถ่านอัดแท่ง 7.5 บาท/กก. (กฤตภาส สิงคิบุตร และคณะ, 2554)

ตารางที่ 3 อัตราของพลังงานที่ได้รับเทียบกับเวลาของเชื้อเพลิงเขียว ถ่านอัดแท่ง และถ่านจากไม้

ชนิดของแท่งพลังงาน	อัตราส่วน	เวลาในการต้มน้ำจากอุณหภูมิปกติจนถึง 100° C (นาที)		
		1 กิโลกรัม	2 กิโลกรัม	3 กิโลกรัม
เชื้อเพลิงเขียว	3 : 0.50	30	20	15
	4 : 0.50	25	15	15
	5 : 0.50	45	25	15
ถ่านอัดแท่ง	3 : 0.50	30	20	15
	4 : 0.50	20	15	10
	5 : 0.50	25	20	15
ถ่านจากไม้		25	20	20



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบ ค่าพลังงานความร้อน เชื้อเพลิงเขียว ถ่านอัดแท่ง และ ถ่านจากไม้ น้ำหนัก 3 กิโลกรัม ที่อัตราส่วน 4:0.5 กิโลกรัม

จากการเปรียบเทียบดัชนีทางเศรษฐศาสตร์พบว่า เชื้อเพลิงเขียว น่าลงทุนที่สุด เพราะว่ามีมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV) สูงสุด 27,322.54 บาท/ปี อัตราผลตอบแทนภายในของการลงทุนโครงการ (IRR) ให้อัตราดอกเบี้ยสูงสุด 48.95 % และมากกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C) 1.04 มากกว่า 1 เป็นโครงการที่น่าลงทุน และระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (PB) สั้นที่สุด 1.73 ปี โครงการที่หน้าลงทุนรองลงมาได้แก่ ถ่านอัดแท่งและทำปุ๋ยตามลำดับ ส่วนโครงการที่หน้าลงทุนน้อยที่สุดได้แก่ก๊าซชีวภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4

สรุปผลการวิจัย

ศึกษาการเปรียบเทียบความคุ้มค่าของการผลิตก๊าซชีวภาพกับการอัดแท่งเชื้อเพลิงจากกากของเสียการเพาะเห็ดฟาง บ้านหนองกระทุ่ม หมู่ที่ 3 ต.ภูหลวง อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา ผลการผลิตก๊าซชีวภาพระบบไร้ออกซิเจนชนิดกวนสมบูรณ์พบว่า ชุดผลิตก๊าซชีวภาพระบบไร้ออกซิเจนชนิดกวนสมบูรณ์สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นสูงสุดเท่ากับ 0.098 m³/วัน ได้ปริมาณ การเกิดก๊าซชีวภาพ เกิดขึ้นสูงสุดในระยะเวลากักเก็บที่ 9 วัน และการวิเคราะห์พารามิเตอร์ ได้แก่ pH, DO, COD, TS และ SS เกิดขึ้นในระยะเวลาเก็บที่ 9 วันที่ DO 100.00%, COD 80.00%, TS 18.90%, SS 19.77%

ตามลำดับ ผลการนำกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟางอัดแท่งเชื้อเพลิง นำเชื้อเพลิงเขียว ถ่านอัดแท่งและถ่านจากไม้ ถ่านอัดแท่งปริมาณ 3 กก. ที่อัตราส่วนผสม 4:05 กก. ทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนจากอุณหภูมิห้องจนถึง 100 องศาเซลเซียสเร็วที่สุด 10 นาที และพบว่า ถ่านอัดแท่ง ที่น้ำหนัก 3 กิโลกรัม

ให้พลังงานความร้อนได้ดีที่สุด ดังสมการ $y = 0.293x - 0.8372$ ที่ $R^2 = 1$ จากการเปรียบเทียบความคุ้มค่าด้วยดัชนีทางเศรษฐศาสตร์ ควรลงทุนอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียว จะคุ้มค่ากว่าการผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งมีค่า NPV ที่ 27,322.54 บาท/ปี IRR ที่ 48.95 % B/C ที่ 1.04 และ PB ที่ 1.73 ปี

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบด้วยหลักเศรษฐศาสตร์

โครงการ	ก๊าซชีวภาพ	เชื้อเพลิงเขียว	ถ่านอัดแท่ง	ทำปุ๋ย
NPV (บาท/ปี)	4,512.43	27,322.54	22,687.79	2,087.41
IRR (%)	30.91 %	48.95 %	42.40 %	31.33 %
B/C	1.08	1.04	1.05	1.03
PB (ปี)	2.31	1.73	1.92	2.38

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณท่าน ผู้รับใบอนุญาต อาจารย์มุข วงษ์ชวลิตกุล วิทยาลัยเทคโนโลยีช่างกลพาณิชย์การนครราชสีมา เป็นอย่างสูง ที่ให้ทุนการศึกษาหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัย วงษ์ชวลิตกุล บทความงานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากท่าน อาจารย์ ดร.ประยงค์ กิริติอุไร อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุชิต อุชายภิชาติ ที่ให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน. (2554). รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย. ค้นเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2556 จาก www.dede.go.th.
 กฤตภาส สิงคิบุตร วิชชากร จารุศิริ และ ปฐมทัศน์ จิระเดชะ. (2554). การศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะเศษอาหารในมหาวิทยาลัย. วารสารวิจัยพลังงาน, ปีที่ 8 (2554), หน้า 3.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์
พลังงาน. การผลิตก๊าซชีวภาพจาก
ของเสียฟาร์มปศุสัตว์และโรงงาน
อุตสาหกรรม, สำนักวิจัยค้นคว้า
พลังงาน (สวค.), ค้นเมื่อวันที่ 20
สิงหาคม 2556 จาก http://www.dede.go.th/km_ber/Attach/Bio-gas-present.pdf.

วัลย์รัตน์ อุตตะมะปรากรม และธราพงษ์
วิจิตตานนท์. (2554). การผลิตถ่านอัด
แท่งจากตะกอนเปียกเหลือทิ้งจาก
การผลิตเอทานอลจากมันเส้น.
วารสารวิจัยพลังงาน, ปีที่ 8
(2554), หน้า 3.

อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ ทีปกร คุณาพรวิวัฒน์
พิสุทธิรัตน์แสนวงษ์ จักรพันธ์ กัณหา
และวรพจน์ พันธุ์คง. (2551).
การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เถ้า
แกลบผสมขังข้าวโพดและ
กะลามะพร้าวด้วยเทคนิคเอ็กซ์
ทรูชั่นโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัว
ประสาน. การประชุมวิชาการ
เครือข่ายการวิจัยของ
สถาบันอุดมศึกษา 17-19 มกราคม
2551 จ.ขอนแก่น.

Green Energy Network Co., Ltd.
(2012). ระบบกำจัดขยะอินทรีย์ใน
สภาวะไร้อากาศแบบกวนผสม
สมบูรณ์ (Completely Stirred
Tank Reactor; CSTR). ค้นเมื่อ
วันที่ 9 มกราคม 2557 จาก
[http://www.greenenergynet.net/food-waste-biogass-system?](http://www.greenenergynet.net/food-waste-biogass-system?lang=en)
[lang=en](http://www.greenenergynet.net/food-waste-biogass-system?lang=en).