บทความวิจัย

แท่งเชื้อเพลิงเขียวจากฟางข้าวและซังข้าวโพด

Green Briquette from Rice-Straw and Maize-Cob

ศิรินุช จินดารักษ์* พร หมอนแพร ลอย ใจจูน** และ ไพฑูรย์ ถาวรวงศ์****

*ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

นิสิตปริญญาโท คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

คำสำคัญ (key words) :แท่งเชื้อเพลิงเขียว (green briquette), ฟางข้าว (rice-straw), ซังข้าวโพด (maize-cob),ค่าความร้อน (heating value), ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (thermal efficiency)

บทคัดย่อ

การผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นแนวทางหนึ่งในการกำจัดสิ่งเหลือใช้และเป็นการหาแหล่งพลังงานใหม่ ในการวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตจากซังข้าวโพด ที่ผลิตขึ้นที่โรงงานอัดแท่งถ่านซังข้าวโพด ตำบลหนองกระเท้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนซังข้าวโพดในการผลิต และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของฟางข้าวอีกด้วย โดยการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างฟางข้าวกับซังข้าวโพด ที่ใช้กาวแป้งมันเป็นตัวเชื่อมประสาน มาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงเขียวนั้น ในอัตราส่วน 10:0, 9:1, 8:2, 7:3 , 6:4 และ 5:5 พบว่า มีค่าความร้อนเฉลี่ยคือ 4,216, 4,444, 4,753, 4,953, 5,252 และ 5,802 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ค่าความร้อนเชื้อเพลิงเขียวตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทถ่านอัดแท่งมีค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ดังนั้นอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ 6:4 และ 5:5 แต่ในการวิจัยนี้ใช้อัตราส่วน 6:4 มาเป็นตัวอย่างในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงเขียว เพราะต้องการใช้ฟางข้าวเป็นส่วนผสมหลัก คุณสมบัติทางด้านอื่นๆ คือ ปริมาณเถ้าเฉลี่ยร้อยละ 17.90 ปริมาณความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 5.99 มาตรฐานเปียก และค่าประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงเขียวได้ร้อยละ 20.79

ศิรินุช จินดารักษ์ และ คนอื่น ๆ . "แท่งเชื้อเพลิงเขียวจากฟางข้าวและซังข้าวโพด" [ออนไลน์] [อ้างถึงวันที่ 11 กันยายน 2560] เข้าถึงจาก http://vlib.stkc.go.th/handle/023333700/1371

การทดสอบการยอมรับของกลุ่มตัวอย่างในตำบลท่าทอง อำเภอเมือง พิษณุโลก พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความต้องการใช้ถ่านที่ผลิตขึ้นนี้ ส่วนทางด้านการวิเคราะห์ค่าต้นทุนในการผลิต พบว่าเชื้อเพลิงเขียวมีต้นทุนสำหรับการผลิต 443,711.68 บาทต่อปี สามารถผลิตถ่านได้ปีละ 125,000 กิโลกรัม ทำให้ต้นทุนการผลิตมีมูลค่า 3.55 บาทต่อกิโลกรัม ถ้าขายถ่านที่ผลิตได้ทั้งหมด ราคากิโลกรัมละ 5 บาท ทำให้จุดคุ้มทุนของการผลิตใช้เวลา 2 ปี 3 เดือน 12 วัน

Abstract

Manufacture of green briquette from agricultural waste is one of several approaches in disposal of the agricultural waste and also exploring new energy resources. In this research, the objective is to develop green briquette made from a mixture of rice straw and maize-cob in order to reduce deficient problem of maize-cob in Tambon Nongkatow, Nakhronthai district, Phitsanulok by determining optimal ratio of the mixture. The ratio samples as the followings: 10:0, 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, and 5:5 were prepared and tested for their properties of green briquette. The result indicates that each mixture provides different heat capacity of 4,216, 4,444, 4,753, 4,953, 5,252, and 5,802 kcal/kg, respectively. Since the standard value of heat capacity for green fuel is 5,000 kcal/kg, the optimum ratios of the mixture are 6:4 and 5:5. On the other hand, in this research work, utilization of the ratio of 6:4 is the best sample in manufacturing green briquette due to requirement of using rice straw as main mixture. The other properties such as Ash is 17.90 % and moisture content is 5.99 % wb. The thermal efficiency of this fuel is 20.79 %.

The assessment of acceptance of utilizing the green briquette is carried out in sample group at Tambon Tatong, Moung, Phitsanulok. The result indicates that the sample group is satisfied with this new product. The annual cost for production green briquette is 443,711.68 Baht and the production of green briquette is 125,000 kg then the production cost of green fuel is 3.55 Baht/kg. The payback period for produce green fuel is 2 years 3 month and 12 days if life time of production line is 5 years and the cost of green fuel is 5 Baht.

บทนำ

การผลิตเชื้อเพลิงจากซังข้าวโพดได้มีการผลิตในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เกิดจากการรวมกลุ่มของเกษตรกรโดยได้รับทุนสนับสนุนจากรัฐบาล อยู่ที่ตำบลหนองกระเท้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก มีกำลังการผลิตประมาณวันละ 500 กิโลกรัม จากการสอบถามจากผู้ผลิตพบว่า สามารถส่งขายได้หมด และประสบปัญหาทางด้านการขาดแคลนซังข้าวโพดเพื่อใช้ในการผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง อีกทั้งประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการปลูกข้าวสูงถึง 73 ล้านไร่ กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน(2540)[1] ศึกษาเรื่อง Biomass Energy in Asia : A Study on Selected Technologies and Policy Option พบว่า ผลผลิตต่อฟางข้าวมีสัดส่วน 0.447 และจากรายงานสถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีการเพาะปลูก 2544 และ2545 พบว่าศักยภาพของฟางข้าวในการนำมาใช้เป็นพลังงานมีค่าสูงถึง 2,555,000 ตัน ในขณะที่ค่าความร้อนของฟางข้าวและซังข้าวโพดมีค่าเป็น 4,300 และ 4,540 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า ฟางข้าวให้ค่าความร้อนที่เหมาะสมในการที่จะนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงเขียวได้ กลยุทธ ดิษเจริญ และ เนตรรัตน์ เนตรประเสริฐ(2541)[2] ได้ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงเขียว พบว่าเมื่อนำกากอ้อยมาทำการอัดแท่งแบบอัดเย็น โดยใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสาน อัตราส่วนผสมกากอ้อยต่อกากน้ำตาลเป็น 87.5 : 12.5 โดยปริมาตร จะให้ค่าความร้อนสูงที่สุด 3916.65 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับฟืนไม้ยูคาลิปตัสแต่ต่ำกว่าถ่านไม้ยูคิปตัส ซึ่งสรุปได้ว่า กากอ้อยมีความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง และผลการวิจัยนี้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนไม้ฟืนได้ จิตติพงษ์ ทัศวงศ์ และ วิบูลย์ อันพิมมา (2545)[3] ได้ศึกษาถ่านชีวภาพจากฟางข้าว มีการขั้นตอนการผลิตที่สำคัญ 2 ขั้นตอน คือ การผลิตถ่านจากฟางข้าว และการอัดแท่งถ่านฟางข้าวโดยต้องมีตัวประสาน การผลิตถ่านฟางข้าวใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร เป็นเตาผลิตถ่าน การควบคุมกระบวนการใช้การสังเกตสีของควันและการลุกไหม้ ควันเปลี่ยนเป็นสีฟ้า เป็นการสิ้นสุดกระบวนการผลิตถ่าน สัดส่วนผลการผลิตถ่านเฉลี่ย 20.08 เปอร์เซ็นต์ การอัดแท่งถ่านฟางข้าวใช้เครื่องอัดแท่งแบบเกลียว ใช้มันสำปะหลังดิบบดละเอียดเป็นตัวประสาน อัตราส่วนตัวประสานที่ดีที่สุด คือ ถ่านฟางข้าวต่อมันสำปะหลังดิบบดละเอียดต่อน้ำ เท่ากับ 6:1:1 (โดยปริมาตร) ถ่านอัดฟางข้าวที่ผลิตได้มีคุณภาพใกล้เคียงกับถ่านไม้ยูคาลิปตัส สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มได้ พัชฎาภรณ์ เจริญรอย และอรชุมา นุสีวอ (2542)[4] ศึกษาการทำแท่งเชื้อเพลิงจากฟางข้าวและแกลบ โดยใช้ผักตบชวาเป็นตัวเชื่อมประสาน ด้วยวิธีการอัดแบบเปียกโดยใช้เครื่องอัดไฮโดรลิกและแม่แรงอย่างง่าย ในอัตราส่วน 1:1 1:3 และ 1:4 โดยน้ำหนัก พบว่า อัตราส่วนฟางข้าว : ผักตบชวา และ

แกลบ : ผักตบชวา ในอัตราส่วน 1:3 โดยน้ำหนักทำให้แท่งเชื้อเพลิงอยู่ตัวไม่แตกเปราะสามารถยึดเกาะได้ดี และให้ค่าความร้อน 3,956 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และ2,358 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จากการศึกษางานที่ผ่านมา พบว่าฟางข้าวมีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงเขียวได้เป็นอย่างดี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาถึงการนำเอาฟางข้าวมาผสมกับซังข้าวโพดในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงเขียว เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสม หาต้นทุน และจุดคุ้มทุนของการผลิตเชื้อเพลิงเขียว ซึ่งสามารถลดปัญหาการขาดแคลนซังข้าวโพด และเป็นการแนวทางการนำเอาฟางข้าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์อีกทางหนึ่งด้วย

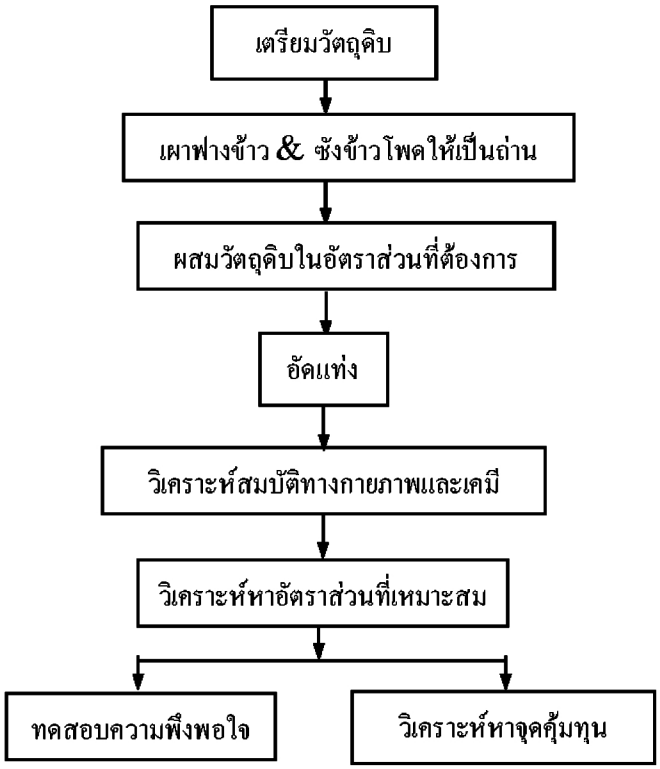
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการผลิตเชื้อเพลิงเขียวที่มีส่วนผสมของถ่านซังข้าวโพดและฟางข้าว ซึ่งในการศึกษานี้ใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน ทำการทดลองที่อัตราส่วนผสมระหว่างถ่านซังข้าวโพดกับฟางข้าวดังนี้ 1:9, 2:8, 3:7, 4:6 และ 5:5 เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยการกำหนดให้มีการใช้ฟางข้าวให้มากที่สุด และพิจารณาสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง เช่น ค่าความร้อน และความชื้น นอกจากนี้ยังได้มีการสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานอีกด้วย โดยมีขั้นตอนการทำงานเป็นแผนภาพในรูปที่ 1

การทดสอบการยอมรับความพึงพอใจผู้ใช้ใช้กลุ่มตัวอย่างในตำบลท่าทอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้แท่งเชื้อเพลิงเขียวจำนวน 30 ครัวเรือนๆ ละ 5 กิโลกรัม เป็นเวลาประมาณ 5 วัน และสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงเฉพาะผู้ที่ใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนโดยอาศัยแบบสอบถาม

สำหรับการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อหาจุดคุ้มทุนของการผลิตถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมของซังข้าวโพดผสมกับฟางข้าว ที่มีราคาขายกิโลกรัมละ 5 บาท ภายใต้สมมุติฐานดังนี้

1. อายุโครงการ 5 ปี
2. อัตราดอกเบี้ย 9.5 เปอร์เซ็นต์ต่อปี
3. อัตราเงินเฟ้อ 2.7 เปอร์เซ็นต์ต่อปีทำการผลิตวันละ 500 กิโลกรัม และ ภายใน 1 ปี ทำงาน 250 วัน (วันละ 8 ชั่วโมง) ผลิตแล้วขายได้ทั้งหมด



รูปที่ 1 ขั้นตอนการวิจัย

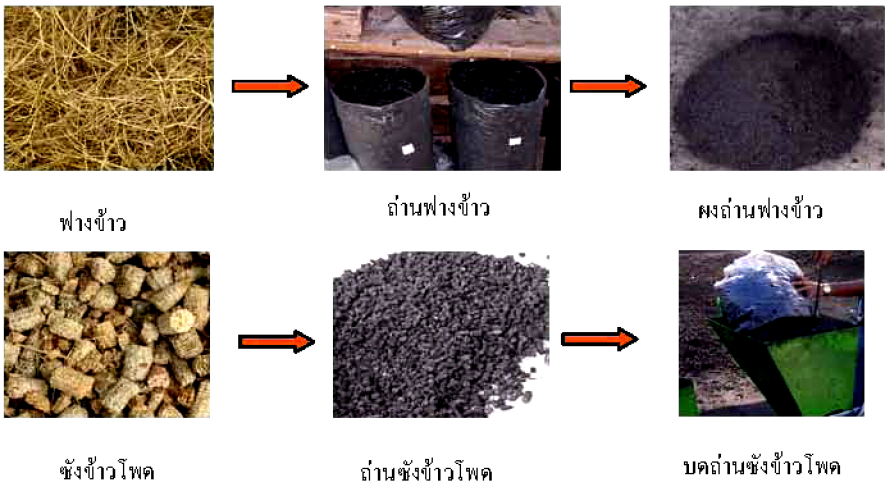
ต้นทุนในการผลิตแบ่งออกเป็น ต้นทุนคงที่ 130,000 บาท เป็นค่าเครื่องอัด เครื่องบด เครื่องผสม และโรงเรือน ส่วนต้นทุนแปรผันมีค่าดังนี้

1. ค่าไฟฟ้า (เดือนละ 1,250 บาท) 15,000 บาท
2. ค่าบำรุงรักษา(ร้อยละ 10 ของต้นทุน)13,000 บาท
3. ค่าฟางข้าว (ตันละ 200 บาท) 75,000 บาท
4. ค่าซังข้าวโพด (ตันละ 300 บาท) 75,000 บาท
5. ค่าแรงงาน (5 คน วันละ 100บาท) 125,000 บาท
6. แป้งมัน 50,000 บาท
7. น้ำประปา 6,000 บาท
8. ค่าครุภัณฑ์ 31,250 บาท

รวมต้นทุนแปรผัน 390,250 บาท

ผลการวิจัย

การผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากซังข้าวโพดผสมกับฟางข้าว เริ่มจากการเผาซังข้าวโพด 30 กิโลกรัม จะได้ถ่านซังข้าวโพด 8 กิโลกรัม และเผาฟางข้าว 10 กิโลกรัม ได้ถ่านฟางข้าวจำนวน 2 กิโลกรัม นำมาบดเป็นผงละเอียดดังแสดงในรูปที่ 2 ผสมในอัตราส่วนที่ต้องการ โดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน แล้วทำการอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแท่งแบบเกลียว ทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 7.5 แรงม้า กระบอกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.75 เซนติเมตร ทำการตากแห้งโดยการตากแดดบนสังกะสี ประมาณ 4 วัน ดังแสดงในรูปที่ 3 ก จะได้แท่งเชื้อเพลิงเขียวความชื้นประมาณร้อยละ 5.5 – 6.5 มาตรฐานเปียก ดังแสดงในรูปที่ 3 ข ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของแท่งเชื้อเพลิงเขียวที่ใช้ในการให้ความร้อน คือมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 มาตรฐานเปียก และจากการทดลองแสดงผลการวิเคราะห์สมบัติความเป็นเชื้อเพลิงแสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 2 การเตรียมวัตถุดิบ

ก) การตากแห้งถ่านอัดแท่ง ข) ถ่านอัดแท่งสำเร็จรูป

รูปที่ 3 เชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตจากฟางข้าวและซังข้าวโพด

ตารางที่ 1 ผลหารวิเคราะห์สมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของเชื้อเพลิง

อัตราส่วนฟางข้าวต่อซังข้าวโพด	สมบัติของเชื้อเพลิง		
	ค่าความร้อน (Cal/g)	ปริมาณเถ้า (%)	ค่าความแข็ง (kg/cm^2)
10:0	4,216	25.06	5.13
9:1	4,444	24.23	6.15
8:2	4,735	22.46	8.11
7:3	4,953	20.49	8.58
6:4	5,252	17.09	8.93
5:5	5,802	16.54	9.06
0:10	6,431	10.11	9.53

จากการวิเคราะห์สมบัติทางด้านต่าง ๆ พบว่า ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของถ่านซังข้าวโพดเพิ่มขึ้น โดยถ่านซังข้าวโพดที่ทำการผลิตอยู่ที่ ตำบลหนองกะท้าว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก มีค่าความร้อนอยู่ที่ 6,431 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และเมื่อพิจารณาเกณฑ์มาตรฐานของเชื้อเพลิงเขียวคือ ต้องมีค่าความร้อนมากกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม พบว่า ที่อัตราส่วนของฟางข้าวต่อซังข้าวโพด 6:4 และ 5:5 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน สำหรับปริมาณเถ้า พบว่า ปริมาณเถ้าจะเพิ่มมากขึ้นตามอัตราส่วนของฟางข้าว เนื่องจากปริมาณเถ้าของถ่านที่ผลิตจากฟางข้าวมีปริมาณเถ้าสูงถึงร้อยละ 25.06 ในขณะที่ถ่านจากซังข้าวโพดมีปริมาณเถ้าเพียงร้อยละ 10.11 และค่าความแข็ง ซึ่งจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามสัดส่วนของปริมาณซังข้าวโพด เพราะถ่านซังข้าวโพดสามารถบดเป็นผงละเอียดได้ดีกว่าถ่านฟางข้าวทำให้มีการเกาะตัวกันแน่นกว่าฟางข้าว สำหรับเกณฑ์มาตรฐานการผลิตเชื้อเพลิงเขียวนั้นมีข้อกำหนดสมบัติที่เป็นหลักใหญ่ ๆ เพียง 3 ส่วน คือ ค่าความร้อนต้องมีค่ามากกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ค่าความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 8 มาตรฐานเปียก และเมื่อบรรจุถุงแล้วต้องไม่แตกเป็นชิ้นเล็ก ๆ จากเกณฑ์มาตรฐานนี้เชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้นผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 2 อัตราส่วน คือ 6:4 และ 5:5 แต่ในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและการนำเชื้อเพลิงไปให้กลุ่มตัวอย่างทดสอบใช้จะใช้ที่อัตราส่วนของฟางข้าวต่อซังข้าวโพด คือ 6:4 เพราะต้องการสัดส่วนของฟางข้าวที่มากที่สุด

การหาประสิทธิภาพการใช้งานความร้อน โดยการนำเชื้อเพลิง 0.5 กิโลกรัม ต้มน้ำ 1 กิโลกรัม พบว่า ประสิทธิภาพการใช้งานความร้อน มีค่าประมาณร้อยละ 20.79 โดยระยะเวลาที่น้ำเริ่มเดือดคือ 13.5 นาทีเมื่อประสิทธิภาพการใช้งานความร้อน,η (อาทิตย์, 2532) คำนวณจากสมการที่ 1

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^{n} ms(t_2 - t_1) + (t_3 - t_1)}{wq} \qquad (1)$$

เมื่อ

w = น้ำหนักของเชื้อเพลิง, kg
q = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง, kJ/kg
m = น้ำหนักของน้ำ, kg
s = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ, kJ/kg K
t = อุณหภูมิของน้ำ, ^{o}C
n = จำนวนครั้งที่น้ำเดือด

ตัวห้อย 1, 2 และ 3 คือ อุณหภูมิของน้ำเริ่มต้น, น้ำเดือด และอุณหภูมิน้ำหลังสุด ตามลำดับ

การวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติในการใช้งานของเชื้อเพลิงทางด้านการติดไฟ ปริมาณควันไฟ ระยะเวลาในการเผาไหม้ และการคงรูปของเถ้า ที่ผลิตได้ในแต่ละอัตราส่วนเทียบกับถ่านไม้ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมบัติทางการใช้งานของเชื้อเพลิง

อัตราส่วน ฟางข้าวต่อซังข้าวโพด	การติดไฟ	ปริมาณควันไฟ	ระยะเวลาในการเผาไหม้	การคงรูปของเถ้า
10:0	ดีมาก	มาก	134	คงรูป
9:1	ดีมาก	มาก	136	คงรูป
8:2	ดีมาก	มาก	143	คงรูป
7:3	ดีมาก	มาก	149	คงรูป
6:4	ดีมาก	มาก	151	คงรูป
5:5	ดีมาก	มาก	156	ร่วนเล็กน้อย
0:10	ดีมาก	น้อย	147	ร่วนปานกลาง
ถ่านไม้	ดีมาก	น้อยมาก	165	ร่วนปานกลาง

จากการการพิจารณาสมบัติทางด้านการใช้งาน พบว่าเชื้อเพลิงที่ผลิตสามารถติดไฟได้ดี สำหรับระยะเวลาในการเผาไหม้ทำการทดลองกับเชื้อเพลิงจำนวน 0.5 กิโลกรัม พบว่าเพิ่มมากขึ้นตามอัตราส่วนของซังข้าวโพด ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็ง ส่วนปริมาณควันไฟ ขณะเริ่มติดไฟ พบว่าจะมีปริมาณควันไฟมากเมื่อเทียบกับถ่านไม้ เนื่องจาก ฟางข้าวเมื่อทำการเผาไหม้จะมีปริมาณควันมาก และการคงรูปของเถ้าเชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้นจะมีความคงรูปดีกว่า ถ่านจากซังข้าวโพด และถ่านไม้ เนื่องจากถ่านจากฟางข้าวจะมีปริมาณเส้นใยมากกว่าซังข้าวโพดและถ่านไม้ ทำให้มีการเกาะตัวได้ดีกว่า

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการลงทุนโครงการที่มีอายุโครงการ 5 ปี ตามอายุการใช้งานของเครื่องจักร เงินลงทุนรายปีคิดเป็นมูลค่าเงินในปัจจุบันคำนวณจากสมการที่ 2 – 6

มูลค่าเงินในปัจจุบัน = (มูลค่าเงินในอนาคต) × PWF (2)

$$PWF = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (3)$$

$$PW = CI + \sum_{i=1}^{n}\left[\frac{Fn}{(1+i)^n}\right] \quad (4)$$

$$LAC = PW \times CRF \quad (5)$$

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (6)$$

เมื่อ

Fn = มูลค่าเงินในอนาคต ณ ปีที่ n CI = เงินลงทุน ณ ปีที่ 0

PW = มูลค่าเงินในปัจจุบัน i = อัตราดอกเบี้ยรายปี (เศษส่วน)

n = จำนวนปี LAC = มูลค่าเงินลงทุนต่อปี

CRF =Capital Recovery Factor

ดังนั้น มูลค่าเงินลงทุนรายปีมีค่าเท่ากับ 443,711.68 บาท เมื่อทำการผลิตถ่านได้ปีละ 125,000 กิโลกรัม ทำให้ต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากฟางข้าวผสมซังข้าวโพดมีมูลค่า 3.55 บาทต่อกิโลกรัม และผลตอบแทนจากการขายเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ราคากิโลกรัมละ 5 บาท มีค่าเท่ากับ 194,479.93 บาทต่อปี ดังนั้น จุดคุ้มทุนของโครงการอยู่ที่ 2 ปี 3 เดือน 12 วัน

สำหรับความพึงพอใจของประชากรกลุ่มตัวอย่าง ที่ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยการสุ่มแบบเจาะจงเฉพาะประชากรผู้ใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิง จำนวน 30 ครัวเรือน ทางด้านความพึงพอใจในการใช้เชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้น พบว่าสมบัติทางด้านกลิ่น ร้อยละ 36.67 มีความคิดเห็นว่าเชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้นดีกว่ามาก และร้อยละ 56.67 และ 6.66 มีความคิดเห็นว่าเชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้นดีกว่า และไม่แตกต่างตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าคุณสมบัติทางด้านกลิ่นนั้นเชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้นมีสมบัติที่ดีกว่าเชื้อเพลิงที่กลุ่มตัวอย่างใช้อยู่

สมบัติทางด้านควัน กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 33.33 มีความคิดเห็นว่า เชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้นมีสมบัติทางด้านควันดีกว่ามาก และมีความเห็นว่าดีกว่าและไม่แตกต่างร้อยละ 50.00 และ 16.67 ตามลำดับ ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่าเชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้นมีสมบัติทางด้านควันที่ดีกว่าเชื้อเพลิงที่กลุ่มตัวอย่างใช้อยู่

สมบัติทางด้านความร้อน ร้อยละ 13.33 และ 36.67 มีความคิดเห็นเกี่ยวกับทางด้านความร้อนอยู่ในระดับที่ดีกว่ามาก และดีกว่า ในขณะที่ร้อยละ 40.33 มีความคิดเห็นว่าไม่แตกต่าง และร้อยละ 3.33 มีความเห็นว่าแย่กว่าและควรปรับปรุง จากผลของแบบสำรวจนี้ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความคิดเห็นเกี่ยวกับความร้อนขณะใช้งานถ่านอัดแท่งที่ผลิตขึ้นไม่แตกต่างถึงดีกว่าเชื้อเพลิงที่กลุ่มตัวอย่างใช้อยู่

สมบัติทางด้านการเผาไหม้ กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 10.0, 43.33, 40.0 และ 6.67 มีความคิดเห็นเกี่ยวกับสมบัติทางด้านการลุกไหม้อยู่ในระดับ ดีกว่ามาก ดีกว่า ไม่แตกต่าง และ ด้อยกว่า ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความเห็นโดยสรุปว่าเชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตขึ้นมีสมบัติทางด้านการเผาไหม้อยู่ในระดับไม่แตกต่างถึงดีกว่ามากเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่

สมบัติทางด้านเวลาในการลุกไหม้ พบว่ามีกลุ่มตัวอย่างเพียงร้อยละ 3.33 เห็นว่าเวลาในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้นด้อยกว่าเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่

สำหรับความต้องการใช้เชื้อเพลิงเขียวถึง พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความต้องการใช้เชื้อเพลิงเขียวถึงร้อยละ 96.7 และ ร้อยละ 3.33 ไม่ต้องการใช้ และต่อคำถามที่ว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่ในปัจจุบันต้องการเปลี่ยนมาใช้เชื้อเพลิงเขียวหรือไม่ ประชากรกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมีความต้องการใช้เชื้อเพลิงนี้

สรุปผลการวิจัย

การผลิตเชื้อเพลิงเขียวที่มีส่วนผสมของถ่านจากฟางข้าวกับซังข้าวโพด โดยมีแป้งมันเป็นตัวประสาน ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ 6:4 มีค่าความชื้นประมาณร้อยละ 5.99 มาตรฐานเปียก มีค่าความร้อน 5,252 แคลอรีต่อกิโลกรัม และปริมาณเถ้าร้อยละ 17.9 สำหรับการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ต้นทุนในการผลิตต่อกิโลกรัมคือ 3.55 บาท และจุดคุ้มทุนของโครงการคือ 2 ปี 3 เดือน 12 วัน เมื่ออายุโครงการ 5 ปี และการสำรวจความพึงพอใจของประชากรกลุ่มตัวอย่างพบว่าประชากรทั้งหมดมีความต้องการใช้เชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้นนี้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโรงงานอัดแท่งถ่านซังข้าวโพด ตำบลหนองกระเท้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

(1) กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2540, *Biomass Energy in Asia, A study on selected technologies and policy option*, สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล, กรุงเทพฯ.

(2) กลยุทธ ดิษเจริญ และ เนตรรัตน์ เนตรประเสริฐ, 2541, *การนำกากอ้อยจากโรงน้ำตาลมาใช้ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง*, วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร

(3) จิตติพงษ์ ทัศวงษ์ และ วิบูลย์ อันพิมพา, 2545, *การผลิตถ่านชีวภาพจากฟางข้าว*, รายงานปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

(4) พัชฎาภรณ์ เจริญรอย และ อรชุมา นุสีวอ, 2542, *ศึกษาการทำเชื้อเพลิงจากฟางข้าวและแกลบโดยใช้ผักตบชวาเป็นตัวประสาน*, รายงานปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

(5) มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547, *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง*, มผช. 238/2547, 3 หน้า.

(6) วันชัย ริจิรวนิช และ ชอุ่ม พลอยมีค่า, 2545, *เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม*, พิมพ์ครั้งที่ 7, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 351 หน้า.

(7) พร หมอนแพร ลอย ใจจูน และ ไพฑูรย์ ถาวรวงศ์, 2548, *การผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากฟางข้าวและซังข้าวโพด*, การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

(8) อาทิตย์ มลิทอง, 2532, การศึกษาผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากผักตบชวาและผักตบชวาผสมลิกไนท์, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

(9) W.F. Stoecker, 1989, *Design of thermal system*, Third edition, McGRAW Hill International Edition, New York, pp.53-79.