

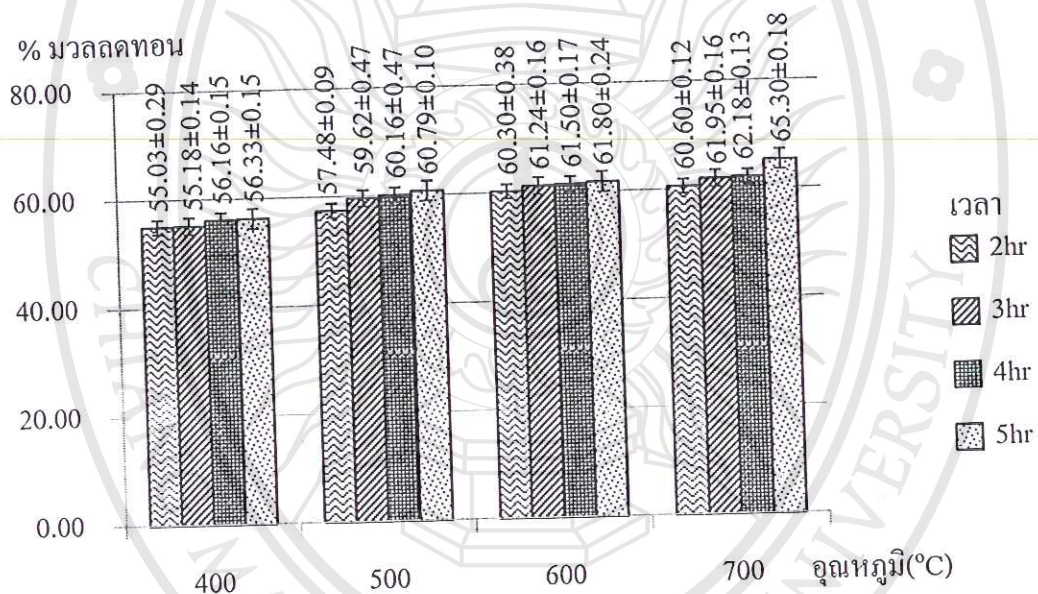
บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการผลิตและหาลักษณะเฉพาะทางกายภาพของถ่านอัดแท่งจากถ่านแกลบ และถ่านเปลือกข้าวโพด โดยในการเตรียมตัวอย่างได้ทำการอบแกลบ และ เปลือกข้าวโพด ในตู้อบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักของวัตถุดิบลดลงจนมีค่าคงที่ จากนั้นนำวัตถุดิบ ปริมาณ 150 กรัม เข้าสู่กระบวนการเผา โดยใส่วัตถุดิบในภาชนะสแตนเลสทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว สูง 10 นิ้ว ปิดฝาให้สนิทแล้วนำไปเผาในเตาเผาไฟฟ้า ที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ที่อุณหภูมิ 400, 500, 600 และ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง นำวัตถุดิบที่ได้จากการเผาอบให้ละเอียด และหาค่าพลังงานความร้อนโดยบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ จากนั้นทำการผสมถ่านแกลบ และถ่านเปลือกข้าวโพด มีอัตราส่วนถ่านแกลบ:ถ่านเปลือกข้าวโพด ดังนี้ 5:5, 4:6, 3:7, 2:8, 1:9 และ 0:10 โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวเชื่อมประสานในอัตราส่วน 10 เปอร์เซ็นต์ 15 เปอร์เซ็นต์ และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยมวล ทำการอัดโดยเครื่องอัดแรงคน อุปกรณ์กระบอกอัดมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร ทำให้ได้แท่งถ่านที่มีลักษณะเป็นแท่งกลมสูง 10 เซนติเมตร มีรูกลวงตรงกลาง เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร นำผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งที่ได้เข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 100 – 120 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการอบ 15 ชั่วโมง นำถ่านอัดแท่งที่ได้เข้าสู่กระบวนการหาค่าพลังงานความร้อนโดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ และการหาลักษณะเฉพาะทางกายภาพของถ่านอัดแท่งซึ่งประกอบด้วย หาค่าพลังงานความร้อน (Heat Value) การหาค่าความชื้น (Moisture Content) การหาความหนาแน่น (Density) และการทดสอบค่าดัชนีการแตกร่วนโดยวิธีทิ้งจากที่สูง (Drop Shatter Test) จากนั้นเลือกตัวอย่างถ่านอัดแท่งที่เหมาะสมตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน(มผช.) มาหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของถ่านอัดแท่ง และทำการวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตถ่านอัดแท่งได้ผลการดำเนินงานดังนี้

ตอนที่ 1 การเผาถ่านแกลบและถ่านเปลือกข้าวโพด

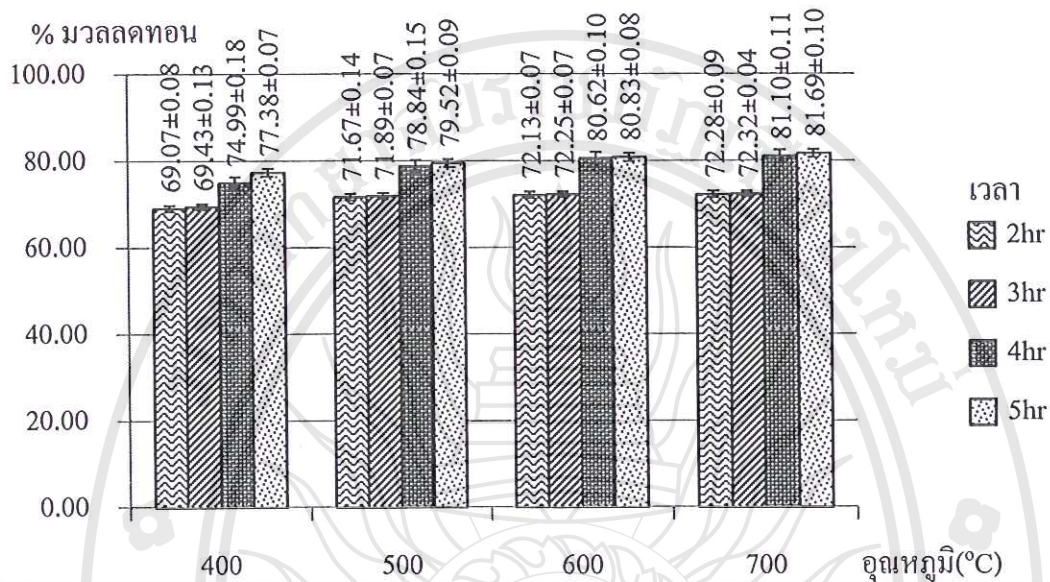
จากการเตรียมวัตถุดิบได้แก่ แกลบ และเปลือกข้าวโพด ตากแดดประมาณ 3 – 4 วัน ในช่วงเวลา 09:00 – 15:00 น. และซังวัตถุดิบ แล้วนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักของวัตถุดิบลดลงจนมีค่าคงที่ นำแกลบ 150 กรัม และเปลือกข้าวโพด 70 กรัม ใส่ในภาชนะสเตนเลส ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว สูง 10 นิ้ว ปิดฝาให้สนิทเข้าเตาเผาไฟฟ้า แล้วทำการเผาที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ ผลการทดลองซึ่งมวลของถ่านแกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดหลังการเผา โดยคำนวณมวลที่หายไปในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์มวลลดทอนให้ผลการวิจัยดังตาราง ข-1 และ ข-2 ในภาคผนวก ข แล้วนำข้อมูลที่ได้นี้มาเขียนกราฟจะได้ดังภาพที่ 4.1 และภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์มวลลดทอนของถ่านแกลบที่เผา ณ อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

จากภาพที่ 4.1 พบว่า ถ่านแกลบ มีเปอร์เซ็นต์มวลลดทอนของการเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ในเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าต่ำสุด 55.03 เปอร์เซ็นต์ และในเวลา 5 ชั่วโมง มีค่าสูงสุด 56.33 เปอร์เซ็นต์ การเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ในเวลา 2 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์มวลลดทอนต่ำสุด 57.48 เปอร์เซ็นต์ และในเวลา 5 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์มวลลดทอนสูงสุด 60.79 เปอร์เซ็นต์ การเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ในเวลา 2 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์มวลลดทอนต่ำสุด 60.30 เปอร์เซ็นต์ และในเวลา 5 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์มวลลดทอนสูงสุด 61.80 เปอร์เซ็นต์ และการเผาที่

อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ในเวลา 2 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์มวลลดทอนต่ำสุด 60.60 เปอร์เซ็นต์ และในเวลา 5 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์มวลลดทอนสูงสุด 65.30 เปอร์เซ็นต์



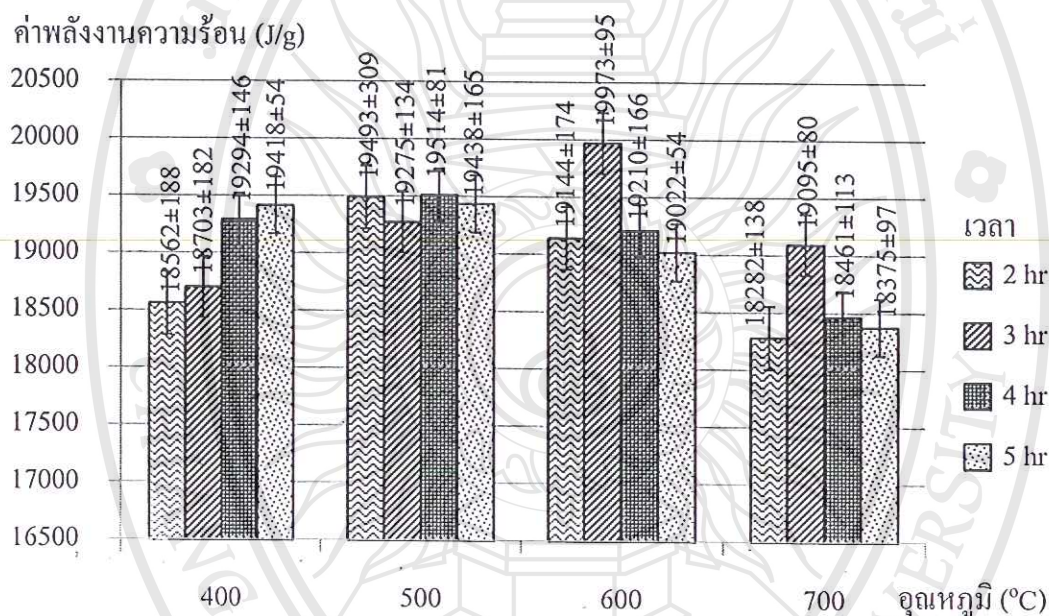
ภาพที่ 4.2 แสดงเปอร์เซ็นต์มวลลดทอนของถ่านเปลือกข้าวโพดที่เผา ณ อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

จากภาพที่ 4.2 พบว่า ถ่านเปลือกข้าวโพด มีเปอร์เซ็นต์มวลลดทอนของการเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ในเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าต่ำสุด 69.07 เปอร์เซ็นต์ และในเวลา 5 ชั่วโมง มีค่าสูงสุด 77.38 เปอร์เซ็นต์ การเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ในเวลา 2 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์มวลลดทอนต่ำสุด 71.67 เปอร์เซ็นต์ และในเวลา 5 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์มวลลดทอนสูงสุด 79.52 เปอร์เซ็นต์ การเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ในเวลา 2 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์มวลลดทอนต่ำสุด 72.13 เปอร์เซ็นต์ และในเวลา 5 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์มวลลดทอนสูงสุด 80.83 เปอร์เซ็นต์ และการเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ในเวลา 2 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์มวลลดทอนต่ำสุด 72.28 เปอร์เซ็นต์ และในเวลา 5 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์มวลลดทอนสูงสุด 81.69 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่า การเผาในเวลา 2 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง ให้ค่าเปอร์เซ็นต์มวลลดทอนที่ใกล้เคียงกันทั้งการเผาที่อุณหภูมิ 400, 500, 600 และ 700 องศาเซลเซียส

ทั้งถ่านแกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดที่เกิดจากการเผา ณ อุณหภูมิและเวลาต่างๆ พบว่า ให้ค่าเปอร์เซ็นต์มวลลดทอนที่เพิ่มสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิและเวลาในการเผามีค่าเพิ่มขึ้น

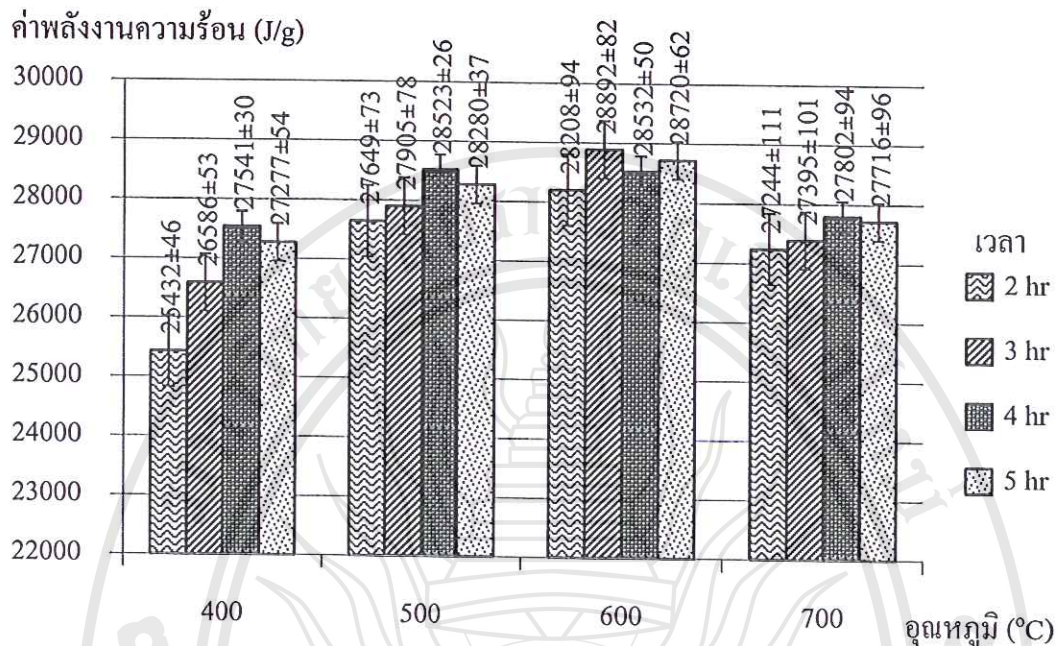
ตอนที่ 2 การหาค่าพลังงานความร้อนของถ่านแกลบและถ่านเปลือกข้าวโพด

นำผงถ่านแกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดที่ได้ไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งโดยใช้เครื่องชั่งสำหรับงานวิเคราะห์ให้ได้น้ำหนักประมาณ 1.0000 กรัม ทำการอัดเม็ดแล้วนำเข้าเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ โดย 1 ตัวอย่างใช้เวลาในการหาค่าพลังงานความร้อน ประมาณ 20 นาที นำค่าพลังงานความร้อนที่ได้มาเปรียบเทียบกับหาเงื่อนไขของอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่ง ให้ผลการวิจัยดังตาราง ข-3 และ ข-4 ในภาคผนวก ข แล้วนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟจะได้ดังภาพที่ 4.3 และภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.3 แสดงค่าพลังงานความร้อนของถ่านแกลบที่เผา ณ อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

จากภาพที่ 4.3 พบว่า ค่าพลังงานความร้อนของถ่านแกลบที่ได้จากการเผา ณ อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ในเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าต่ำสุด 18,560 จูลต่อกรัม และในเวลา 5 ชั่วโมง มีค่าสูงสุด 19,418 จูลต่อกรัม การเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ในเวลา 3 ชั่วโมง มีค่าพลังงานความร้อนต่ำสุด 19,275 จูลต่อกรัม และในเวลา 4 ชั่วโมง มีค่าพลังงานความร้อนสูงสุด 19,514 จูลต่อกรัม การเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ในเวลา 4 ชั่วโมง มีค่าพลังงานความร้อนต่ำสุด 19,022 จูลต่อกรัม และในเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าพลังงานความร้อนสูงสุด 19,973 จูลต่อกรัม และการเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ในเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าพลังงานความร้อนต่ำสุด 18,282 จูลต่อกรัม และในเวลา 3 ชั่วโมง มีค่าพลังงานความร้อนสูงสุด 19,095 จูลต่อกรัม



ภาพที่ 4.4 แสดงค่าพลังงานความร้อนของถ่านเปลือกข้าวโพดที่เผา ณ อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

จากภาพที่ 4.4 พบว่า ค่าพลังงานความร้อนของถ่านเปลือกข้าวโพดที่เผา ณ อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ในเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าต่ำสุด 25,432 จูลต่อกรัม และในเวลา 4 ชั่วโมง มีค่าสูงสุด 27,541 จูลต่อกรัม การเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ในเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าพลังงานความร้อนต่ำสุด 27,649 จูลต่อกรัม และในเวลา 4 ชั่วโมง มีค่าพลังงานความร้อนสูงสุด 28,523 จูลต่อกรัม การเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ในเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าพลังงานความร้อนต่ำสุด 28,208 จูลต่อกรัม และในเวลา 3 ชั่วโมง มีค่าพลังงานความร้อนสูงสุด 28,892 จูลต่อกรัม และการเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ในเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าพลังงานความร้อนต่ำสุด 27,244 จูลต่อกรัม และในเวลา 4 ชั่วโมง มีค่าพลังงานความร้อนสูงสุด 27,802 จูลต่อกรัม

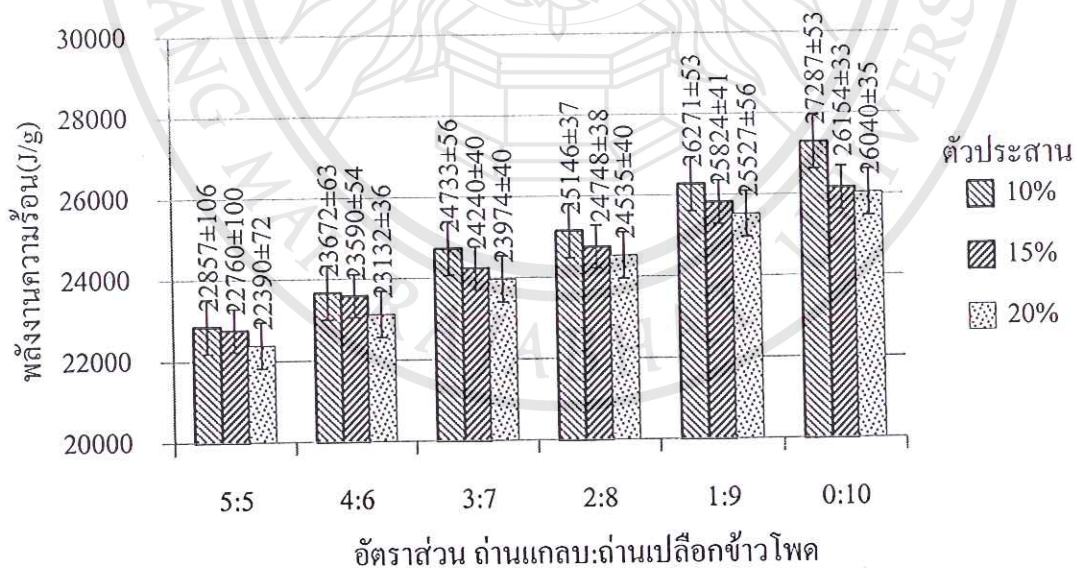
ค่าพลังงานความร้อนของถ่านแกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาและอุณหภูมิในการเผาเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออุณหภูมิเกิน 600 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานความร้อนจะมีลดลง เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพลังงานความร้อนของถ่านแกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดที่เผา ณ อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ โดยใช้การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ F- test พบว่า ค่าพลังงานความร้อนมีค่าแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยข้อมูลแสดงในภาคผนวก ข ดังตาราง ข-5 และ ข-6

ตอนที่ 3 การหาลักษณะเฉพาะทางกายภาพของถ่านอัดแท่ง

เมื่อทำการผสมถ่านแกลบ และถ่านเปลือกข้าวโพดที่เลือกแล้ว ผสมกันด้วยอัตราส่วนผสมต่าง ๆ โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวเชื่อมประสานในอัตราส่วน 10 เปอร์เซ็นต์ 15 เปอร์เซ็นต์ และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยมวล และทุกอัตราส่วนมีน้ำผสม 1.4 ส่วน โดยปริมาตร ทำการอัดโดยเครื่องอัดแรงคน อุปกรณ์กระบอกอัดมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร ทำให้ได้แท่งถ่านที่มีลักษณะเป็นแท่งกลมสูง 10 เซนติเมตร มีรูกลวงตรงกลางเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร นำผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งที่ได้อบที่อุณหภูมิ 100 – 120 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลาในการอบ 15 ชั่วโมง ซึ่งจะได้ถ่านอัดแท่งที่แห้งสนิท แล้วทำการทดสอบหาลักษณะเฉพาะทางกายภาพของถ่านอัดแท่งซึ่งประกอบด้วย หาค่าพลังงานความร้อน(Heat Value) การหาค่าความชื้น(Moisture Content) การหาความหนาแน่น(Density) และการทดสอบค่าดัชนีการแตกร่วนโดยวิธีทิ้งจากที่สูง (Drop Shatter Test) ให้ผลการวิจัยดังนี้

การหาค่าพลังงานความร้อน

การหาค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งจากถ่านแกลบและถ่านเปลือกข้าวโพด และตัวประสานในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ ทำการทดลองหาค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งแต่ละอัตราส่วนซ้ำกันให้ผลการวิจัยดังตาราง ข-7 ในภาคผนวก ข แล้วนำข้อมูลที่ได้นำมาเขียนกราฟจะได้ดังภาพที่ 4.5

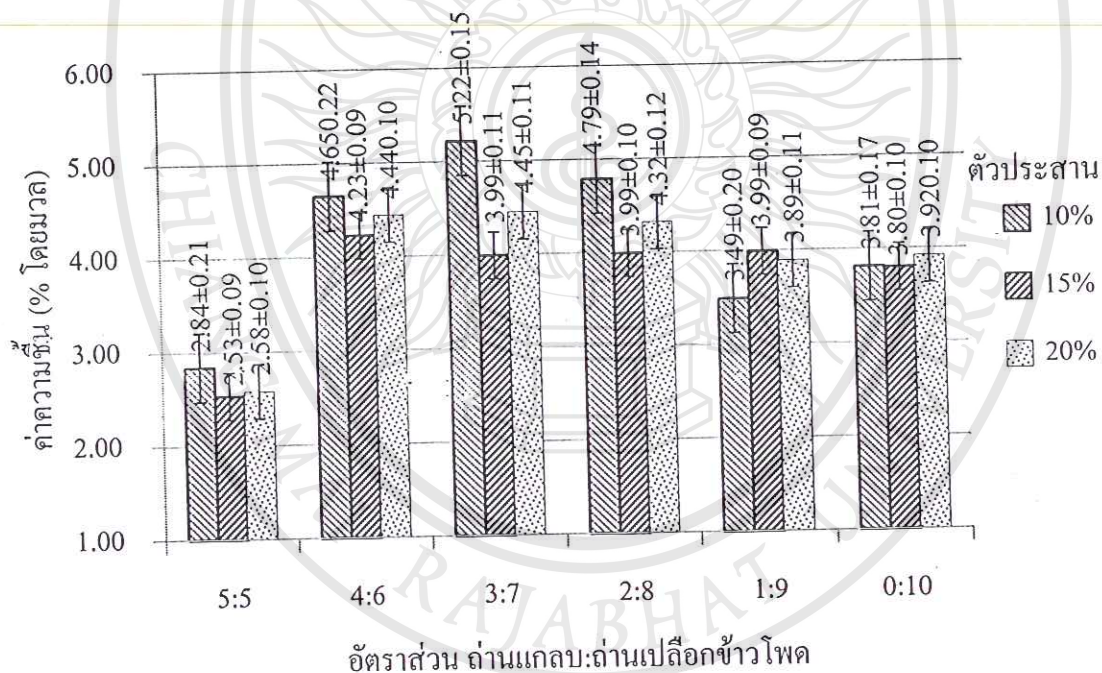


ภาพที่ 4.5 แสดงค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งจากถ่านแกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดและตัวประสาน

จากรูปที่ 4.5 พบว่า ถ่านอัดแท่งในอัตราส่วน ถ่านแกลบ:ถ่านเปลือกข้าวโพด 5:5 อัตราส่วน 4:6 อัตราส่วน 3:7 อัตราส่วน 2:8 อัตราส่วน 1:9 และอัตราส่วน 0:10 โดยใช้ตัวประสาน 20 เปอร์เซ็นต์โดยมวล ให้ค่าพลังงานความร้อนต่ำสุดคือ 22,390 จูลต่อกรัม 23,132 จูลต่อกรัม 23,947 จูลต่อกรัม 24,535 จูลต่อกรัม 25,527 จูลต่อกรัม และ 26,040 จูลต่อกรัม ตามลำดับ ส่วนการใช้ตัวประสาน 10 เปอร์เซ็นต์โดยมวล ให้ค่าพลังงานความร้อนสูงสุด 22,857 จูลต่อกรัม 23,672 จูลต่อกรัม 24,733 จูลต่อกรัม 25,146 จูลต่อกรัม 26,271 จูลต่อกรัม และ 27,287 จูลต่อกรัม ตามลำดับ

การหาค่าความชื้น

การหาค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งจากถ่านแกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดและตัวประสานในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐานของ ASTM D 3173 โดยนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ให้ความร้อนคงที่ในตู้อบ (Drying Oven) ที่อุณหภูมิประมาณ 104 – 110 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไอน้ำระเหยออกจากตัวอย่าง ค่าความชื้นที่ได้สามารถนำมาคำนวณได้จากน้ำหนักของตัวอย่างที่ลดลง ให้ผลการวิจัยดังตาราง ข-8 ในภาคผนวก ข นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟจะได้ดังภาพที่ 4.6

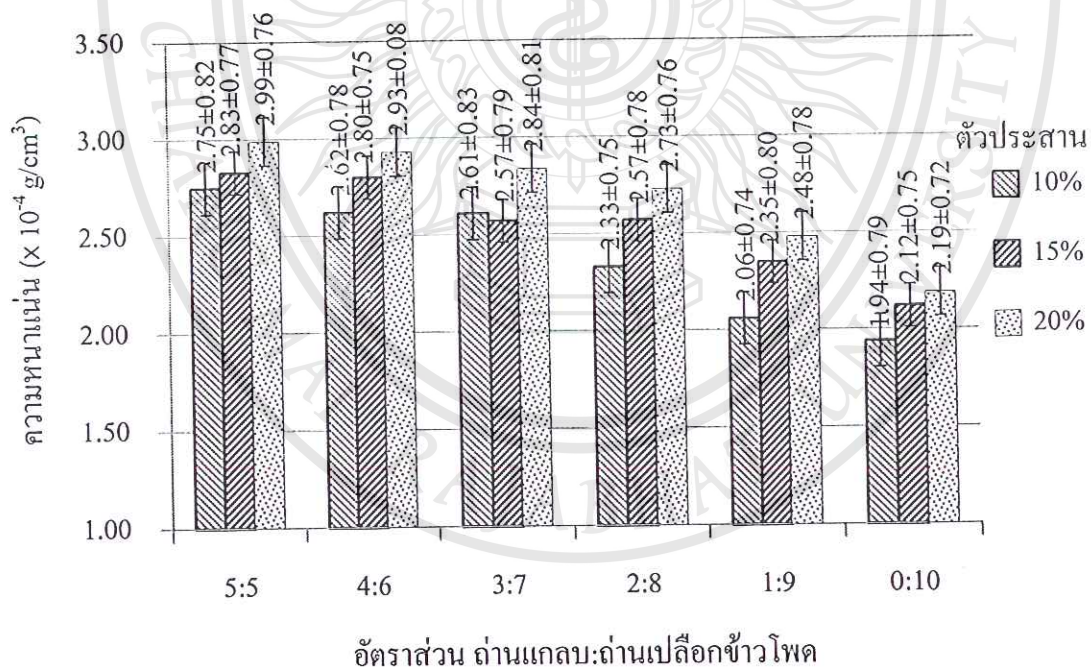


ภาพที่ 4.6 แสดงค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งจากถ่านแกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดและตัวประสานในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ

จากภาพที่ 4.6 พบว่า สำหรับตัวประสาน 10 เปอร์เซนต์โดยมวล อัตราส่วนถ่านเกลบ : ถ่านเปลือกข้าวโพด 5:5 มีค่าความชื้นต่ำสุด 2.84 เปอร์เซนต์ อัตราส่วน 3:7 มีค่าความชื้นสูงสุด 5.22 เปอร์เซนต์ สำหรับตัวประสาน 15 เปอร์เซนต์โดยมวล อัตราส่วนถ่านเกลบ:ถ่านเปลือกข้าวโพด 5:5 มีค่าความชื้นต่ำสุด 2.53 เปอร์เซนต์ อัตราส่วน 4:6 มีค่าความชื้นสูงสุด 4.23 เปอร์เซนต์ และสำหรับตัวประสาน 20 เปอร์เซนต์โดยมวล อัตราส่วนถ่านเกลบ:ถ่านเปลือกข้าวโพด 5:5 มีค่าความชื้นต่ำสุด 2.58 เปอร์เซนต์ อัตราส่วน 3:7 มีค่าความชื้นสูงสุด 4.45 เปอร์เซนต์ ซึ่งค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งจากถ่านเกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดและตัวประสาน ในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ มีค่าที่ต่ำกว่าค่าความชื้นที่กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน(มผช.) ที่ ต้องไม่เกิน 8 เปอร์เซนต์โดยมวล

การหาค่าความหนาแน่น

อัตราส่วนผสมต่าง ๆ โดยนำถ่านอัดแท่งมีความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3.5 เซนติเมตร ไปชั่งมวลพร้อมวัดปริมาตร ให้ผลการวิจัยดังตาราง ข-9 ในภาคผนวก ข นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟจะได้ดังภาพที่ 4.7 การหาค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งจากถ่านเกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดและตัวประสานใน

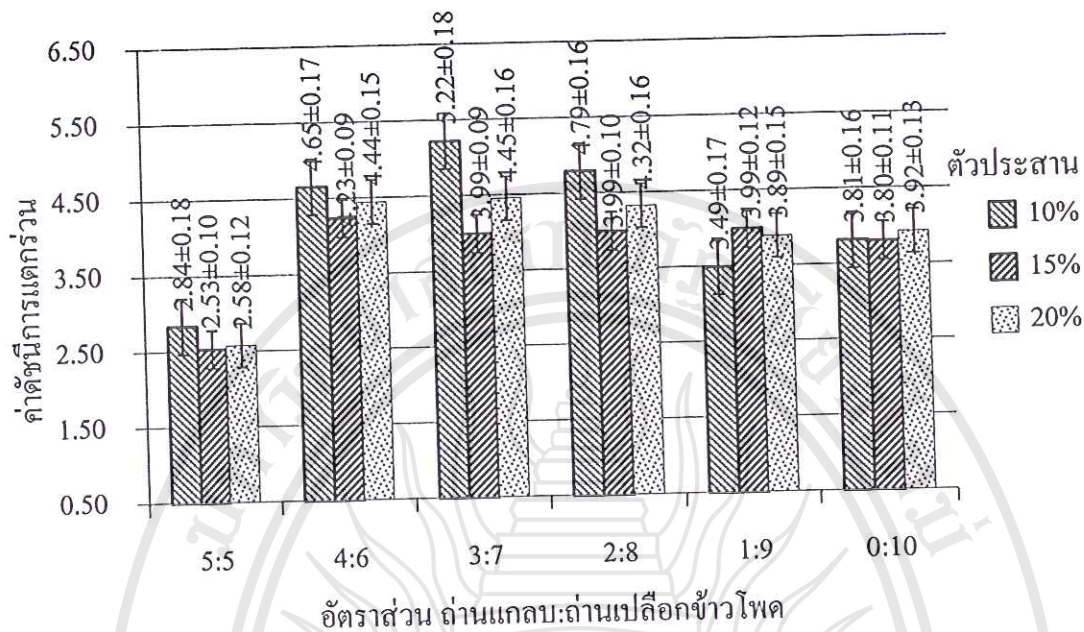


ภาพที่ 4.7 แสดงค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งจากถ่านเกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดและตัวประสานในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ

จากภาพที่ 4.7 พบว่า สำหรับตัวประสาน 10 เปอร์เซนต์โดยมวล อัตราส่วนผสมถ่าน
 แกลบ:ถ่านเปลือกข้าวโพด 0:10 มีค่าความหนาแน่นต่ำสุด 1.94×10^{-4} กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
 อัตราส่วน 5:5 มีค่าความหนาแน่นสูงสุด 2.75×10^{-4} กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับตัวประสาน
 15 เปอร์เซนต์โดยมวล อัตราส่วนถ่านแกลบ:ถ่านเปลือกข้าวโพด 0:10 มีค่าความหนาแน่นต่ำสุด
 2.12×10^{-4} กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร อัตราส่วน 5:5 มีค่าความหนาแน่นสูงสุด 2.83×10^{-4} กรัมต่อ
 ลูกบาศก์เซนติเมตร และสำหรับตัวประสาน 20 เปอร์เซนต์โดยมวล อัตราส่วนถ่านแกลบ:ถ่าน
 เปลือกข้าวโพด 5:5 มีค่าความหนาแน่นต่ำสุด 2.19×10^{-4} กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร อัตราส่วน 5:5
 มีค่าความหนาแน่นสูงสุด 2.99×10^{-4} กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งค่าความหนาแน่นของถ่านอัด
 แ่งจากถ่านแกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดและตัวประสานในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ มีค่าลดลงเมื่อ
 อัตราส่วน ผสมของถ่านแกลบมีค่าลดลง

การทดสอบค่าดัชนีการแตกร่วนโดยวิธีทิ้งจากที่สูง

การทดสอบค่าดัชนีการแตกร่วนโดยวิธีทิ้งจากที่สูงของถ่านอัดแ่งจากถ่านแกลบ
 และถ่านเปลือกข้าวโพดและตัวประสานในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐานของ
 ASTM D 3033 เพื่อหาความสามารถถ่านอัดแ่งที่มีความทนทานในระหว่างขนส่ง การเก็บรักษา
 และการนำมา ใช้งาน โดยนำถ่านอัดแ่งใส่ถุงพลาสติก 5 ก้อนมาชั่งน้ำหนัก แล้วปล่อยลงจากที่สูง
 2 เมตร ลงสู่พื้นซีเมนต์ซ้ำๆ กัน 3 ครั้ง จากนั้นนำไปร่อน ด้วยตะแกรงขนาด 20 มิลลิเมตร นำส่วน
 ของถ่านอัดแ่งที่เหลือจากการร่อนแล้วไปชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาค่าดัชนีการแตกร่วน ให้
 ผลการวิจัยดังตาราง ข-10 ในภาคผนวก ข นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟจะได้ดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 ค่าดัชนีการแตกร่วนโดยวิธีทิ้งจากที่สูงของถ่านอัดแท่งจากถ่านเกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดและตัวประสานในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ

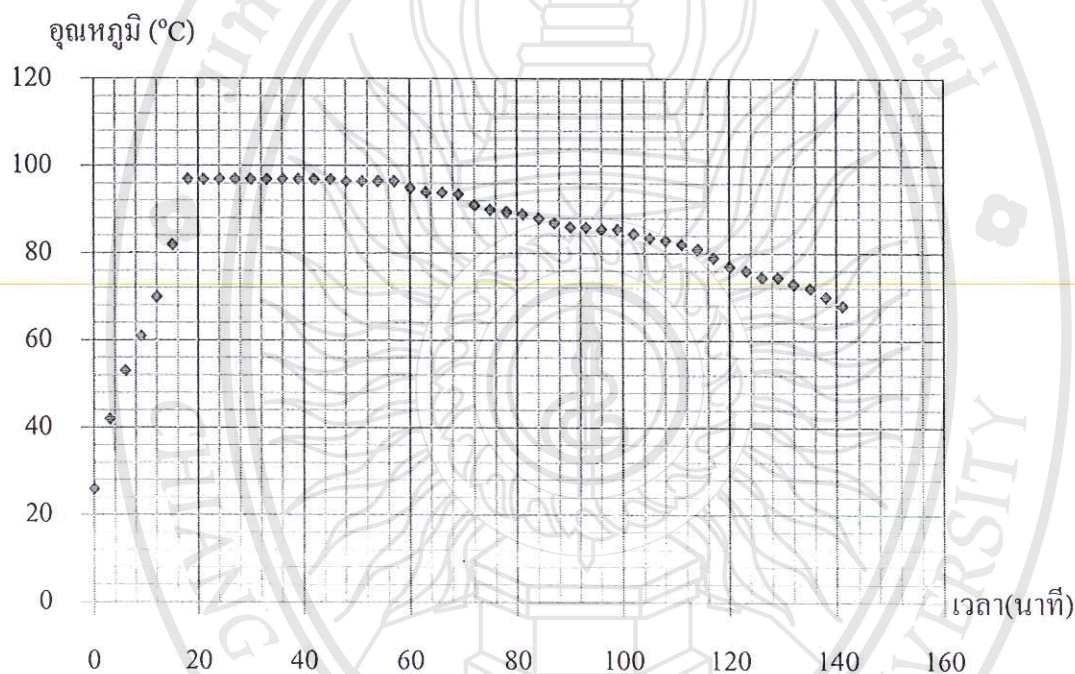
จากภาพที่ 4.8 พบว่า สำหรับตัวประสาน 10 เปอร์เซ็นต์โดยมวล อัตราส่วนถ่านเกลบ:ถ่านเปลือกข้าวโพด 5:5 มีค่าดัชนีการแตกร่วนต่ำสุด 0.63 อัตราส่วน 0:10 มีค่าดัชนีการแตกร่วนสูงสุด 0.90 สำหรับตัวประสาน 15 เปอร์เซ็นต์โดยมวล อัตราส่วนถ่านเกลบ:ถ่านเปลือกข้าวโพด 4:6 มีค่าดัชนีการแตกร่วนต่ำสุด 0.80 อัตราส่วน 0:10 มีค่าดัชนีการแตกร่วนสูงสุด 0.96 และสำหรับตัวประสาน 20 เปอร์เซ็นต์โดยมวล อัตราส่วนถ่านเกลบ:ถ่านเปลือก 4:6 มีค่าดัชนีการแตกร่วนต่ำสุด 0.86 อัตราส่วน 2:8, 1:9 และ 0:10 มีค่าดัชนีการแตกร่วนสูงสุด 0.96 ซึ่งค่าดัชนีการแตกร่วนของถ่านอัดแท่งจากถ่านเกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดและตัวประสานในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนผสมของถ่านเกลบมีค่าลดลง

ตอนที่ 4 การหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของถ่านอัดแท่ง

จากค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งจากถ่านเกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดและตัวประสานในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ พบว่า ที่อัตราส่วนถ่านเกลบ:ถ่านเปลือก 4:6 ให้ค่าพลังงานที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน(มผช.) ที่ต้องไม่น้อยกว่า 5,500 แคลอรีต่อกรัม มีค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 23,123 จูลต่อกรัม หรือ 5,532 แคลอรีต่อกรัม และมีค่าความชื้นไม่เกิน 8

เปอร์เซ็นต์โดยมวล เมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีการแตก่วนซึ่งเป็นการทดสอบเพื่อหาความสามารถ ถ่านอัดแท่งที่มีความทนทานในระหว่างขนส่ง การเก็บรักษา และการนำมาใช้งาน พบว่า การใช้ ตัวประสาน 20 เปอร์เซ็นต์โดยมวล จะให้ค่าดัชนีการแตก่วนสูงสุดสำหรับอัตราส่วนถ่านแกลบ: ถ่านเปลือกข้าวโพด 4:6

ดังนั้น จึงเลือกใช้อัตราส่วนถ่านแกลบ:ถ่านเปลือกข้าวโพด 4:6 กับตัวประสาน 20 เปอร์เซ็นต์โดยมวล ในการทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของถ่านอัดแท่ง ได้ ผลการวิจัยดังตาราง ข-11 ในภาคผนวก ข แล้วนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟจะได้ดังภาพที่ 4.9 และ ตารางที่ 4.1



ภาพที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับเวลาในการต้มน้ำ ทุก ๆ 3 นาที

จากภาพที่ 4.9 พบว่า ตั้งแต่เริ่มต้นทดลอง น้ำมีอุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส ใช้เวลา ประมาณ 18 นาที ทำให้น้ำเริ่มเดือดที่อุณหภูมิ 97 องศาเซลเซียส สังเกตการเดือดของน้ำและระดับ อุณหภูมิคงที่พบว่าน้ำเดือดอยู่นาน 30 นาที จากนั้นอุณหภูมิของน้ำจะลดลงอย่างช้า ๆ โดยใช้เวลา ในการเผาคิดไฟจนหมดเท่ากับ 141 นาที

จากข้อมูลที่ได้ ผู้วิจัยทำการทดลองหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของถ่านอัด แท่ง โดยใช้ถ่านอัดแท่ง 6 ก้อน มวล 350 กรัม ในการต้มน้ำ 1,000 กรัม จนเดือดแล้วเปลี่ยนน้ำใหม่ ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งความร้อนที่ได้ไม่สามารถทำให้น้ำเดือดได้ต่อไป ได้ผลการวิจัยดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของถ่านอัดแท่งจากถ่าน
แกลบ และถ่านเปลือกข้าวโพดในอัตราส่วนถ่านแกลบ:ถ่านเปลือก 4:6 และ
ตัวประสาน 20 เปอร์เซ็นต์โดยมวล

ครั้งที่	เวลา (นาท)	อุณหภูมิเริ่มต้น t_1 (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิสุดท้าย t_2 (องศาเซลเซียส)	ผลต่างของอุณหภูมิ Δt (องศาเซลเซียส)	พลังงานความร้อน ΔQ (จูล)
1	17	28.0	97.0	69.0	288,420
2	18	29.0	97.0	68.0	284,240
3	18	31.0	97.0	66.0	275,880
4	18	30.0	97.0	67.0	280,060
5	23	30.0	96.0	66.0	275,880
6	43	29.0	64.0	35.0	146,300
รวม					1,550,780
ประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน					19.2 %

จากตารางที่ 4.1 ในการใช้ถ่านอัดแท่งอัตราส่วนถ่านแกลบ : ถ่านเปลือกข้าวโพด 4 : 6 และตัวประสาน 20 เปอร์เซ็นต์โดยมวล ต้มน้ำ 1,000 กรัม ทำให้น้ำเดือด 5 ครั้ง หาค่าพลังงานความร้อนได้ทั้งหมด 1,550,780 จูล และค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งมวล 350 กรัม เท่ากับ 8,587,250 จูล มีค่าประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนเท่ากับ 19.2 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อน และเวลาในการต้มน้ำให้เดือดของถ่านอัดแท่งจากถ่านแกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดกับถ่านอัดแท่งชนิดอื่น ๆ สามารถแสดงได้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อน และเวลาในการต้มน้ำให้เดือดของถ่านอัดแท่งจากถ่านแกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดกับตัวอย่างถ่านอัดแท่งชนิดอื่น ๆ

ตัวอย่างของถ่านอัดแท่ง	ค่าพลังงานความร้อน (จูล/กรัม)	เวลาที่ต้มน้ำให้เดือด (นาที)	เวลาในการเผาไหม้ (นาที)
ถ่านแกลบและถ่านเปลือกข้าวโพด (4:6)	23,123	18	141
ถ่านซังข้าวโพด	26,882	12	147
ถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเห้งน้ำมันสำปะหลัง (4:6)	22,120	15	183
ถ่านฟางข้าวและถ่านซังข้าวโพด (6:4)	21,953	14	151
ถ่านซังข้าวโพดและถ่านใบไม้แห้ง (95:3)	20,189	42	112
ถ่านมือกล้วย	15,084	5	121
ถ่านแกลบ	16,815	12	93
ถ่านแกลบและดินเหนียว (5:2)	12,518	16	96

ตอนที่ 5 การวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตถ่านอัดแท่ง

ในการวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตถ่านอัดแท่งโดยใช้เครื่องมือตามรูปแบบของการวิจัย และโดยใช้เครื่องมือตามรูปแบบการผลิตถ่านอัดแท่งทั่วไป มีรายละเอียดของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านแกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดในอัตราส่วน 4 : 6 และตัวประสาน 20 เปอร์เซนต์โดยมวล ที่กำลังการผลิต 50,000 กิโลกรัมต่อปี เมื่อกำหนดอัตราเงินเฟ้อ 3.8 เปอร์เซนต์ต่อปี อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ 8 เปอร์เซนต์ต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านแกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดในอัตราส่วน 4:6 และตัวประสาน 20 เปอร์เซนต์โดยมวล โดยใช้เครื่องมือตามรูปแบบของการวิจัย

ปีที่	รายการ (บาท)						มูลค่าเงินในปัจจุบัน
	อุปกรณ์	ค่าแรง	ค่าบำรุงรักษา	ค่าวัตถุดิบ	ค่าไฟฟ้า	รวม	
0	730,000.00	-	-	-	-	730,000.00	730,000.00

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ปีที่	รายการ (บาท)						
	อุปกรณ์	ค่าแรง	ค่าบำรุงรักษา	ค่าวัสดุดิบ	ค่าไฟฟ้า	รวม	มูลค่าเงินในปัจจุบัน
1	-	100,000.00	25,000.00	111,000.00	75,000.00	311,000.00	522,000.00
2	-	103,800.00	25,950.00	115,218.00	77,850.00	322,818.00	276,764.40
3	-	111,838.69	27,959.67	124,140.94	83,879.02	347,818.32	276,109.39
4	-	125,078.92	31,269.73	138,837.60	93,809.19	388,995.44	285,923.26
5	-	145,202.31	36,300.58	161,174.57	108,901.73	451,579.19	307,337.21
Total value							2,398,134.27
มูลค่าการลงทุนต่อปี							600,628.21
ต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัม							12.01
ผลตอบแทนการผลิตต่อกิโลกรัม							2.99

ตารางที่ 4.4 ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านแกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดในอัตราส่วน 4:6 และตัวประสาน 20 เปอร์เซ็นต์โดยมวล โดยใช้เครื่องมือตามรูปแบบการผลิตถ่านอัดแท่งทั่วไป

ปีที่	รายการ (บาท)						มูลค่าเงินในปัจจุบัน
	อุปกรณ์	ค่าแรง	ค่าบำรุงรักษา	ค่าวัตถุดิบ	ค่าไฟฟ้า	รวม	
0	130,000.00	-	-	-	-	130,000.00	130,000.00
1	-	100,000.00	13,000.00	112,000.00	15,000.00	240,000.00	222,222.22
2	-	103,800.00	13,494.00	116,256.00	15,570.00	249,120.00	213,580.25
3	-	111,838.69	14,539.03	125,259.33	16,775.80	268,412.85	213,074.77
4	-	125,078.92	16,260.26	140,088.39	18,761.84	300,189.41	220,648.18
5	-	145,202.31	18,876.30	162,626.59	21,780.35	348,485.55	237,173.41
Total value							1,236,698.83
มูลค่าการลงทุนต่อปี							309,739.20
ต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัม							6.19
ผลตอบแทนการผลิตต่อกิโลกรัม							8.81

การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกลบและถ่านเปลือกข้าวโพด พิจารณาถึงความเหมาะสมระหว่างต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนที่ได้รับจากการผลิต โดยกำหนดราคาขายของถ่านอัดแท่ง กิโลกรัมละ 15 บาท (ราคาโดยทั่วไปจะอยู่ประมาณ กิโลกรัมละ 15 – 20 บาท (อุกฤษณ์ โช้ศรี, 2552) ทำการผลิตปีละ 50,000 กิโลกรัม และไม่มีปัญหาทางด้านการขาย คือขายได้ทั้งหมด ถ้าทำการผลิตถ่านโดยใช้เครื่องมือตามรูปแบบของการวิจัย จะได้ผลตอบแทน กิโลกรัมละ 2.99 บาท ทำให้มีรายได้จากการผลิตถ่านในปีแรก 149,500.00 บาท และถ้าทำการผลิตถ่านโดยใช้เครื่องมือตามรูปแบบการผลิตถ่านอัดแท่งทั่วไป กิโลกรัมละ 8.81 บาท ทำให้มีรายได้จากการผลิตถ่านในปีแรก 440,500.00 บาท สามารถคำนวณหาผลตอบแทนต่อปีได้จากตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 กำไรสุทธิต่อปีและมูลค่าเงินในปัจจุบันของรายได้จากการผลิตถ่านโดยใช้เครื่องมือตามรูปแบบของการวิจัย

ปีที่	กำไรสุทธิต่อปี (บาท)	มูลค่าเงินในปัจจุบัน(บาท)
1	149,500.00	149,500.00
2	155,181.00	138,425.93
3	167,198.84	133,042.70
4	186,992.98	132,727.83
5	217,077.46	137,445.43
Total value		691,141.88

คำนวณผลตอบแทนผลผลิตถ่านอัดแท่งต่อปี และจุดคุ้มทุนจากสูตร

$$\begin{aligned}
 \text{ผลตอบแทนผลผลิตถ่านอัดแท่งต่อปี} &= PW \text{ รายได้} \times CRF \\
 &= 691,141.88 \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \\
 &= 691,141.88 \times \frac{0.08(1+0.08)^5}{(1+0.08)^5 - 1} \\
 &= 173,100.94 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{จุดคุ้มทุน} &= \frac{\text{เงินลงทุนต่อปี}}{\text{มูลค่าเงินรายรับต่อปี}} \\
 &= \frac{600,628.21}{173,100.94} \\
 &= 3.47 \text{ ปี}
 \end{aligned}$$

จากผลการคำนวณหาผลตอบแทนที่ได้จากการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านแกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดโดยใช้เครื่องมือตามรูปแบบของการวิจัย ทำให้ทราบค่าเงินรายรับต่อปีมีค่า 173,100.94 บาท และเมื่อนำมาคำนวณหาจุดคุ้มทุนของการลงทุนสำหรับโครงการในระยะ 5 ปี พบว่า โครงการสามารถคุ้มทุนได้ในระยะเวลา 3.47 ปี

ตารางที่ 4.6 กำไรสุทธิต่อปีและมูลค่าเงินในปัจจุบันของรายได้จากการผลิตถ่านโดยใช้เครื่องมือตามรูปแบบการผลิตถ่านอัดแท่งทั่วไป

ปีที่	กำไรสุทธิต่อปี (บาท)	มูลค่าเงินในปัจจุบัน(บาท)
1	440,500.00	440,500.00
2	457,239.00	407,870.37
3	492,649.42	392,008.74
4	550,972.64	391,080.99
5	639,616.19	404,981.34
Total value		2,036,441.44

คำนวณผลตอบแทนผลผลิตถ่านอัดแท่งต่อปี และจุดคุ้มทุนจากสูตร

$$\begin{aligned}
 \text{ผลตอบแทนผลผลิตถ่านอัดแท่งต่อปี} &= PW \text{ รายได้} \times CRF \\
 &= 2,036,441.44 \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \\
 &= 2,036,441.44 \times \frac{0.08(1+0.08)^5}{(1+0.08)^5 - 1} \\
 &= 510,039.90 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{จุดคุ้มทุน} &= \frac{\text{เงินลงทุนต่อปี}}{\text{มูลค่าเงินรายรับต่อปี}} \\
 &= \frac{309,739.20}{510,039.90} \\
 &= 0.61 \text{ ปี}
 \end{aligned}$$

จากผลการคำนวณหาผลตอบแทนที่ได้จากการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านเกลบและถ่านเปลือกข้าวโพดโดยใช้เครื่องมือตามรูปแบบการผลิตถ่านอัดแท่งทั่วไป ทำให้ทราบค่าเงินรายรับต่อปีมีค่า 510,039.90 บาท และเมื่อนำมาคำนวณหาจุดคุ้มทุนของการลงทุนสำหรับโครงการในระยะ 5 ปี พบว่า โครงการสามารถคุ้มทุนได้ในระยะเวลา 0.61 ปี