การวิเคราะห์อัตราส่วนผสมระหว่างผักตบชวากับถ่านแกลบให้ค่าพลังงานความร้อนสูงสุด

Analysis Mixture Components of Water Hyacinth and Rice Husk Charcoal for Best Thermal Heating Value

ปิยณัฐ โตอ่อน[1], จรุงรัตน์ พันธุ์สุวรรณ[2] และสวลี อุตรา[3]

Piyanat To-on[1], Jarungrat Pansuwan[2] and Savalee Uttra[3]

[1, 3]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

[1, 3]Faculty of Agro Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Isan

[2]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

[2]Faculty of Engineering, Eastern Asia University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนจากถ่านชีวมวล โดยงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือการศึกษาวัตถุดิบที่เหมาะสมในการทำถ่านชีวมวล และหาส่วนผสมระหว่างผักตบชวากับถ่านแกลบที่ให้ค่าความร้อนสูงสุด จากการศึกษา พบว่าผักตบชวาแห้งมีค่าพลังงานความร้อน 2,963.8 cal/g และถ่านแกลบมีค่าพลังงานความร้อน 3,300 cal/g ซึ่งมีคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงที่ดี จากการออกแบบการทดลองส่วนผสมซึ่งมีทั้งหมด 5 สูตร พบว่าสูตรที่เหมาะสมคือ สูตรที่มีอัตราส่วนผสมผักตบชวา : ถ่านแกลบ 40 : 60 มีค่าพลังงานความร้อนสูงสุดที่ 3,223.33 cal/g ซึ่งสามารถนำไปใช้ทำเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่ต่อไปได้

คำสำคัญ: ผักตบชวา, ถ่านแกลบ, ถ่านชีวมวล, ค่าพลังงานความร้อน

Abstract

The objective of this research was to study and analyze heating value of biomass charcoal. This research was separated in to 2 parts; appropriate raw materials of bio char, and optimization mixture components of water hyacinth and rice husk charcoal for best thermal heating value. Heating value of dry can be water hyacinth was 2,963.8 cal/ g and rice husk charcoal was 3,300 cal/ g, which determined good fuels. To test on the optimization of optimal heating value 5 formulae has been proposed the most suitable formula was 40 : 60 (water hyacinth : rice husk charcoal) with highest heating value of 3,223.33 cal/ g. which can be used an alternative energy.

Keywords: water hyacinth, rice husk charcoal, biomass char, thermal heating

บทนำ

ปัจจุบันพลังงานเป็นสิ่งสำคัญในการดำรงชีวิต ภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม ทำให้มีการพัฒนาการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่องทั้งในด้านประสิทธิภาพและการใช้พลังงานทางเลือก แต่เนื่องจากทรัพยากรพลังงานภายในประเทศมีค่อนข้างจำกัด จึงจำเป็นต้องนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศเพื่อตอบสนองความต้องการพลังงานภายในประเทศที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดผลกระทบต่อความมั่นคงทางด้านพลังงานและผลกระทบต่อเศรษฐกิจในภาพรวมของประเทศซึ่งรวมไปถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศ อันเนื่องมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและก๊าซพิษอื่น ๆ ซึ่งประเทศไทยได้มีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรม และด้านเกษตรกรรม ทำให้มีวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากเศษวัสดุทางเกษตร เช่น ไม้ฟืน แกลบ กากอ้อย ซังข้าวโพด กากมันสำปะหลัง เป็นต้น

จากสถิติในปี พ.ศ. 2556 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งสิ้น 75,124 ktoe โดยประกอบด้วยการใช้พลังงานจากฟื้นไม้และแกลบ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ทรัพยากรป่าไม้มีจำนวนลดลง (กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556; ธนาพล ตันติสัตยกุล, 2558) ในขณะเดียวกันวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากแปรรูปผลผลิตทางเกษตร เช่น ไม้ฟืน แกลบ กากอ้อย ซังข้าวโพด กากมันสำปะหลัง เป็นต้น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี โดยวัสดุเหลือใช้บางส่วนถูกกำจัดอย่างไม่ถูกหลักวิชาการ ซึ่งนำไปสู่ผลกระทบด้านอื่น ๆ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องจัดหาพลังงานอย่างอื่นเพื่อมาทดแทนและควรเป็นพลังงานที่มีผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมน้อยสุด และควรมีแหล่งพลังงานที่สามารถหาได้ในประเทศ จากปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวมาพลังงานที่เหมาะกับภูมิประเทศไทยคือพลังงานชีวมวล เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ของประเทศประกอบอาชีพเกษตรกร จึงมีวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากเศษวัสดุทางเกษตรที่สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานชีวมวล

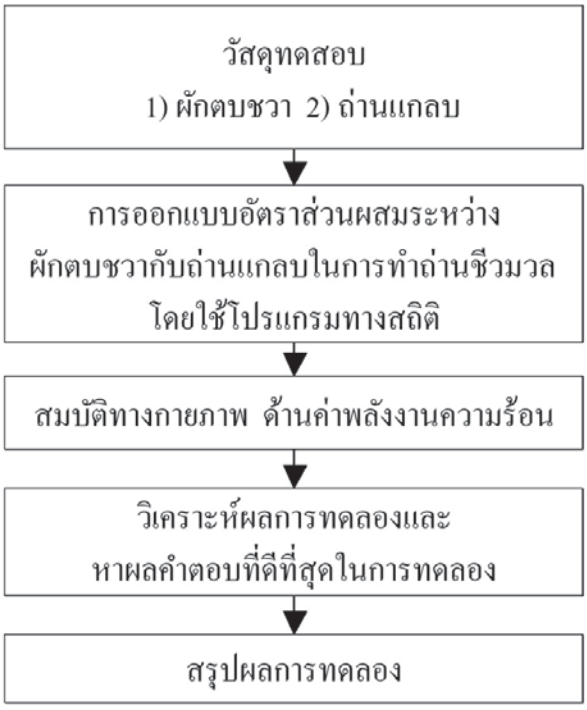
จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้เห็นว่ามีความเหมาะสมที่จะศึกษาการทดลองผลิตถ่านชีวมวลจากส่วนผสมระหว่างผักตบชวากับถ่านแกลบ โดยได้ทำการทดลองผลิตถ่านชีวมวลจากส่วนผสมระหว่างผักตบชวากับถ่านแกลบ เพื่อวิเคราะห์หาค่าพลังงานความร้อนทดแทนการใช้พลังงานจากฟืนไม้และยังเป็นการนำพืชน้ำล้มลุกที่เป็นปัญหาต่อแม่น้ำลำคลอง การขนส่งและการจราจรทางน้ำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ (สุธีรา ชูบัณฑิต, 2557) และเป็นการเพิ่มมูลค่าอีกทั้งยังได้พลังงานทดแทนที่ยั่งยืนอีกด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อให้ได้วัสดุทางเลือกอีกชนิดหนึ่งในการรูปแบบเป็นพลังงานทดแทน

2. เพื่อวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนจากถ่านชีวมวลที่มีส่วนผสมระหว่างผักตบชวากับถ่านแกลบ

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

วิธีการดำเนินการวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์อัตราส่วนผสมระหว่างผักตบชวากับถ่านแกลบที่มีอิทธิพลต่อค่าพลังงานความร้อนของถ่านชีวมวลซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ

2. วัสดุทดสอบ (ผักตบชวาและถ่านแกลบ)

3. การออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ

4. วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ด้านค่าพลังงานความร้อนของถ่านชีวมวล ซึ่งสามารถแสดงขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานไว้ตามภาพ 1

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องมือในการทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล

ภาพ 2 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล

จากภาพที่ 2 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลนำมาใช้ในการหาน้ำหนักวัสดุทดสอบในที่นี้คือ ผักตบชวา ทั้งก่อนและหลังการอบไล่ความชื้น เพื่อหาค่าความชื้นมาตรฐานเปียก (% w.b.) ของวัสดุทดสอบ

2. ตู้อบไฟฟ้า (oven die)

ภาพ 3 ตู้อบไฟฟ้า (oven die)

จากภาพที่ 3 ตู้อบไฟฟ้าได้นำมาใช้ในการอบเตรียมตัวอย่างทดสอบซึ่งใช้ในการอบไล่ความชื้นตัวอย่างทดสอบ โดยการตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 105 องศาเซลเซียส (°C) อบตัวอย่างทดสอบเป็นเวลาทั้งหมด 24 ชั่วโมง เพื่อช่วยในการคำนวณหาค่าความชื้นมาตรฐานเปียก (% w.b.) ของตัวอย่างทดสอบ (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2540)

3. เครื่องทดสอบความร้อน Bomb Calorimeter

เครื่องทดสอบความร้อน Bomb Calorimeter เป็นเครื่องที่ใช้ในการทดสอบค่าพลังงานความร้อนของตัวอย่างทดสอบ และชิ้นงานทดสอบดังภาพที่ 4

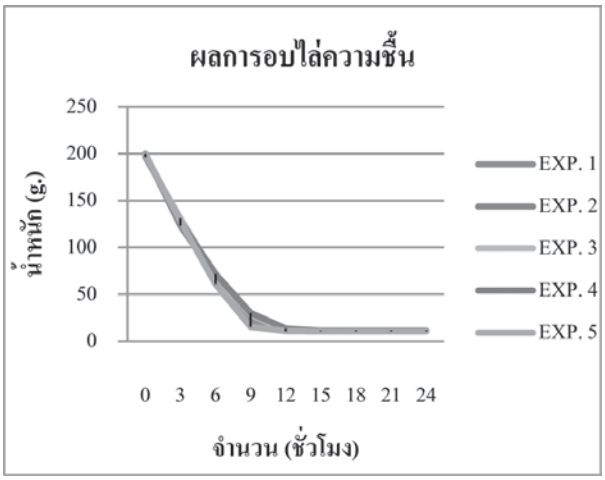
4. แบบทดสอบวัดการปฏิบัติด้านการอนุรักษ์ป่าชุมชน จำนวน 20 ข้อ ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.74 อำนาจจำแนกรายข้อระหว่าง 0.71 ถึง 0.72 และความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.73

ภาพ 4 เครื่องทดสอบความร้อน Bomb Calorimeter

วัสดุทดสอบ

ภาพ 5 ผักตบชวาที่ใช้ในการทดลองและถ่านแกลบ

คณะผู้วิจัยได้นำผักตบชวาตามแหล่งน้ำในท้องถิ่นมาทำการทดสอบ โดยการเตรียมตัวอย่างทดสอบจะทำการหั่นผักตบชวาออกเป็นท่อน และแต่ละท่อนจะมีความยาวไม่เกิน 1 cm. แล้วแบ่งตัวอย่างทดสอบออกเป็น 5 ตัวอย่าง จากนั้นนำเอาตัวอย่างทดสอบที่ได้ไปทำการชั่งน้ำหนักใส่ในถาดทดสอบ ซึ่งในแต่ละถาดทดสอบจะ มีน้ำหนักตัวอย่างทดสอบไม่เกิน 200 กรัม แล้วนำถาดทดสอบทั้ง 5 ตัวอย่างเข้าตู้อบ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส (°C) อบตัวอย่างทดสอบเป็นเวลาทั้งหมด 24 ชั่วโมง และทำการตรวจเช็คน้ำหนักทุก ๆ 3 ชั่วโมง เพื่อทดสอบค่าความชื้นมาตรฐานเปียก (% w.b.) ของผักตบชวาโดยมีผลการทดสอบดังภาพที่ 6



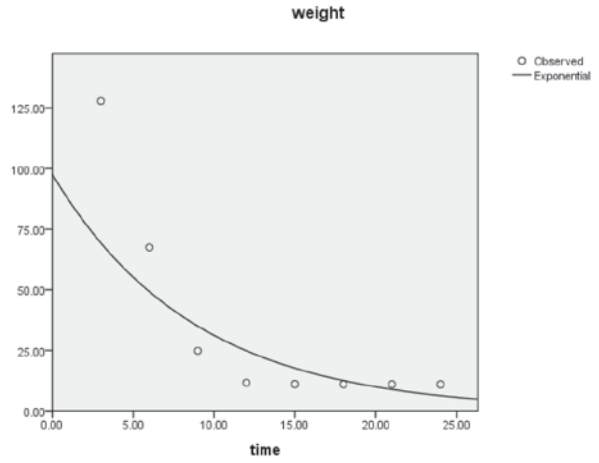
ภาพ 6 ผลการทดสอบการอบไล่ความชื้น

จากภาพที่ 6 ตัวอย่างทดสอบทั้ง 5 ถาด มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งมีน้ำหนักต่ำสุดเฉลี่ย 10.926 กรัม นำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยโปรแกรมทางสถิติ โดยกำหนดให้

ตัวแปร X (เวลาในการอบไล่ความชื้น) กำหนดให้เป็นตัวแปรต้น (independent variable)

ตัวแปร Y (ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก: กรัม) กำหนดเป็นตัวแปรตาม (dependent variable)

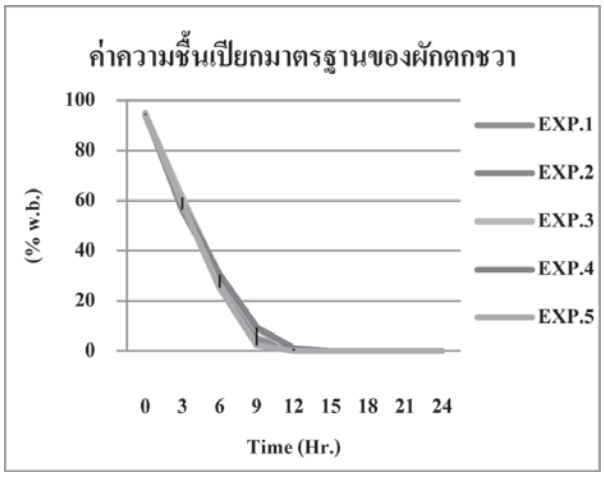
สมการ Exponential ที่ได้คือ $y = 97.620e^{-0.114X}$ หรือ ค่าน้ำหนักเฉลี่ย = 97.620e-0.114(เวลาในการไล่อบความชื้น) ซึ่งผลการทดสอบที่ได้เป็นไปตามภาพที่ 7



ภาพ 7 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล

จากภาพที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล พบว่าค่า R^2 = 0.738 เมื่อการทดสอบทางสถิติยอมรับได้ที่ระดับความมั่นใจ 95% แสดงว่า ค่าความชื้นเปียกมาตรฐานของผักตกชวากับระยะเวลาการอบมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ

หลังจากนั้นทำการคำนวณค่าความชื้นมาตรฐานเปียก (% w.b.) ของตัวอย่างทดสอบตามมาตรฐาน AOAC (AOAC, 2000) โดยมีผลการทดสอบตามภาพที่ 8 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล



ภาพ 8 ผลการทดสอบค่าความชื้นเปียกมาตรฐานของผักตกชวา

จากนั้นนำเอาตัวอย่างทดสอบทั้ง 5 ถาดไปทำการทดสอบค่าพลังงานความร้อน ซึ่งผลการทดสอบเป็นดังตารางที่ 1

ตาราง 1

ผลการทดสอบค่าพลังงานความร้อนของผักตบชวา

ชิ้นงานทดสอบ	ค่าพลังงานความร้อน (cal/g.)
1	2,878.6
2	2,566.9
3	3,384.5
4	2,962.8
5	3,026.1
เฉลี่ย	2,963.8

ผลการทดสอบจากตารางที่ 1 ทำให้ทราบว่าผักตบชวาที่อบไล่ความชื้น โดยที่มีค่าความชื้นมาตรฐานเปียกอยู่ที่ 0 % w.b. จะให้ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยอยู่ที่ 2,963.8 cal/g เมื่อเปรียบเทียบค่ามาตรฐานค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงของชีวมวลที่มีค่าอยู่ที่ 2,000 cal/g ทำให้ทราบว่าผักตบชวาสามารถนำไปใช้ทำเป็นเชื้อเพลิงและวัสดุทางเลือกใหม่ได้ต่อไป จากนั้นทำการทดสอบหาค่าพลังงานความร้อนของถ่านแกลบซึ่งจากการทดสอบ พบว่าถ่านแกลบมีค่าพลังงานความร้อนประมาณ 3,300 cal/g

ดังนั้นคณะทำงานจึงได้ทำการผสมถ่านแกลบและผักตบชวาเป็นวัตถุดิบหลักในการทำถ่านชีวมวล โดยการออกแบบหาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อไป

การออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรมสถิติ

ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้โปรแกรมทางสถิติมาช่วยในการออกแบบการทดลอง ซึ่งได้ใช้โปรแกรม Minitab เป็นโปรแกรมวิเคราะห์เชิงสถิติที่สามารถพยากรณ์และช่วยในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบได้ วิธีการออกแบบการทดลองที่เลือกใช้ในครั้งนี้คือ แบบผสม (mixture design) เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์อัตราส่วนผสมระหว่างผักตบชวากับถ่านแกลบที่มีอิทธิพลต่อค่าพลังงานความร้อนของถ่านชีวมวล (จรัล ทรัพย์เสรี, 2556; ปิยณัฐ โตอ่อน, 2557)

หลังจากนั้นได้ทำการกำหนดอัตราส่วนผสมระหว่างผักตบชวากับถ่านแกลบ ซึ่งการทดสอบครั้งนี้จะพิจารณาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าพลังงานความร้อน ผลจากการออกแบบการทดลอง ทำให้ได้อัตราส่วนผสม

ทั้งหมด 5 สูตร คือ 40:60, 45:55, 50:50, 55:45 และ 60:40 (ผักตบชวา: ถ่านแกลบ)

แล้วทำการผสมตามอัตราส่วนที่ได้จากการออกแบบ สูตรละ 3 ตัวอย่าง จะได้ชิ้นงานทดสอบทั้งหมดจำนวน 15 ชิ้นตามภาพที่ 9

ภาพ 9 ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ

จากนั้นนำเอาชิ้นงานทดสอบที่ได้ทำการผสมตามอัตราส่วนที่ได้จากการออกแบบการทดลองแล้วนำผลการทดสอบการหาค่าพลังงานความร้อนของชิ้นงานทดสอบที่ได้ทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ผลตามตารางที่ 2

ตาราง 2

ตัวอย่างตารางทดสอบ

Std Order	Run Order	Pt Type	Blocks	ถ่านแกลบ	ผักตบชวา	Bomb
10	1	1	1	40	60	3015.1
7	2	2	1	55	45	3172.4
3	3	0	1	50	50	3103.1
15	4	1	1	40	60	3009.4
13	5	0	1	50	50	3099.3
12	6	2	1	55	45	3157.2
11	7	1	1	60	40	3219.3

การวิเคราะห์คุณสมบัติของชิ้นงานทดสอบ

ในขั้นตอนการวิเคราะห์คุณสมบัติของชิ้นงานทดสอบในครั้งนี้เป็นการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ โดยมีขั้นตอนดังนี้

วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของชิ้นงานทดสอบ (ค่าพลังงานความร้อน) โดยนำชิ้นงานทดสอบหรือถ่านที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างผักตบชวากับถ่านแกลบได้จากการออกแบบการทดลอง ตากแห้งที่โล่งแจ้งเป็นเวลา 3 วัน โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละวันอยู่ที่ 35 - 40 องศาเซลเซียส (°C) ซึ่งชิ้นงานทดสอบจะมีค่าความชื้นเปียกอยู่ที่ประมาณ 6 - 10 % w.b ตามภาพที่ 10

ภาพ 10 ชิ้นงานทดสอบ

จากนั้นทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพด้านค่าพลังงานความร้อนของถ่านชีวมวลที่มีอัตราส่วนระหว่างผักตบชวากับถ่านแกลบ ที่ได้จากการออกแบบการทดลองทั้งหมด 15 ชิ้น โดยทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความร้อน Bomb Calorimeter แล้วจดบันทึก

ผลการวิจัย

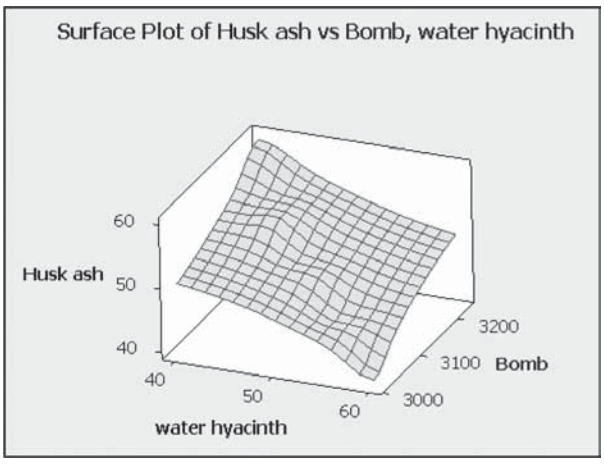
ผลจากการทดสอบค่าพลังงานความร้อนของชิ้นงานทดสอบตามอัตราส่วนผสมได้ที่กำหนดไว้ พบว่าที่อัตราส่วนผสม 40 : 60 (ผักตบชวา : ถ่านแกลบ) มีค่าพลังงานความร้อนสูงสุดอยู่ที่ 3,223.33cal/g และที่อัตราส่วนผสม 60 : 40 (ผักตบชวา : ถ่านแกลบ) มีค่าพลังงานความร้อนต่ำสุดอยู่ที่3,010.93 cal/g สามารถสรุปผลได้ตามตารางที่ 3

ตาราง 3

ผลการวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนของถ่านชีวมวลจากผักตบชวากับถ่านแกลบ

ถ่านแกลบ	ผักตบชวา	ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ย (cal/g)
40	60	3010.93
45	55	3057.10
50	50	3101.37
55	45	3154.70
60	40	3223.33

จากผลการทดสอบในการหาค่าพลังงานความร้อนทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างกราฟแสดงพื้นที่ความสัมพันธ์ระหว่างผักตบชวากับถ่านแกลบที่ส่งผลต่อค่าพลังงานความร้อน



ภาพ 11 พื้นที่ความสัมพันธ์ระหว่างผักตบชวากับถ่านแกลบมีผลต่อค่าพลังงานความร้อน

จากภาพที่ 11 แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนผสมระหว่างผักตบชวากับถ่านแกลบมีอิทธิพลต่อค่าพลังงานความร้อน จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (estimated regression coefficients) พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ของค่าพลังงานความร้อน (ค่า Bomb) ของถ่านชีวมวลตามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

ตาราง 4

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (estimated regression coefficients for bomb, (component proportions))

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
ถ่านแกลบ	4010	134.3	*	*	887.7
ผักตบชวา	2965	134.3	*	*	887.7
ถ่านแกลบ*ผักตบชวา	-1543	544.2	-2.83	0.015	3431.0
S = 8.81756 PRESS = 1287.34					
R-Sq = 98.88% R-Sq(pred) = 98.46%					
R-Sq(adj) = 98.70%					

ตาราง 5

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance for bomb, (component proportions))

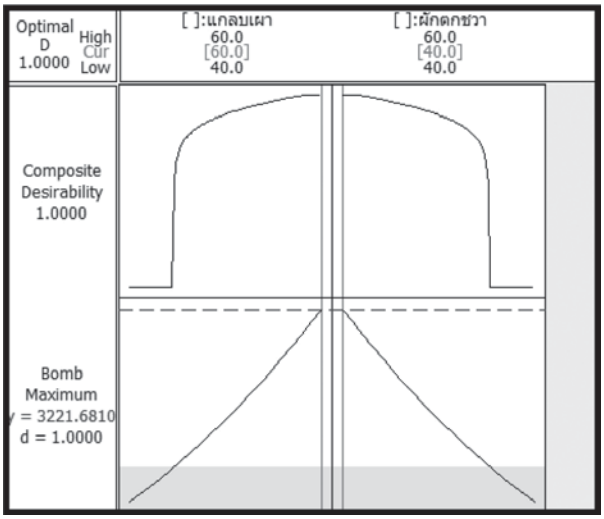
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	2	82495.4	82495.4	41247.7	530.52	0.0
Linear	1	81870.5	81870.5	81870.5	1053.0	0.0
Quadratic	1	624.9	624.9	624.9	8.04	0.015
ถ่านแกลบ*ผักตบชวา	1	624.9	624.9	624.9	8.04	0.015
Residual Error	12	933.0	933.0	77.7		
Lack-of-Fit	2	89.7	89.7	44.9	0.53	**0.003**
Pure Error	10	843.3	843.3	84.3		
Total	14	83428.4				

จากที่ได้ทำการศึกษาเอกสารงานวิจัย เอกสารทางวิชาการและวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้อง พบว่า ค่า R^2 คือค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (coefficient of determination) ดังนั้นสมการที่มีค่า R^2 ยิ่งสูง จะส่งผลต่อความแม่นยำของการนำสมการไปใช้เพื่อทำนายหรือคาดคะเนผลลัพธ์ย่อมมีสูงมากยิ่งขึ้น โดยทั่วไป สมการที่มักนำไปใช้ควรมีค่า R^2 มากกว่า 0.70-0.75 หรือ 70-75% (Haaland , 1989) หากสูงกว่า 0.90 หรือ 90% ถือว่าดีมาก และทำการตรวจสอบมีความเหมาะสมกับข้อมูลของสมการถดถอยที่ได้จากการออกแบบการทดลอง (lack of fit test) ซึ่งจะต้องมีค่าความน่าจะเป็น (P- Value) สูงไม่เกิน 0.05 (α) แสดงว่าแบบจำลองนี้มีความเพียงพอในการฟิตข้อมูลและถือว่าเป็นข้อมูลที่ดี สามารถนำไปสร้างสมการพยากรณ์เพื่อหาค่าผลตอบที่ดีที่สุด (สุรพงศ์ บางพาน, 2547; Haaland, 1989)

สมการพยากรณ์ค่าพลังงานความร้อน

Y = 40.0989 (ถ่านแกลบ) + 29.6509 (ผักตบชวา) -0.154286 (ถ่านแกลบ*ผักตบชวา)

หลังจากนั้นทำการทดสอบหาค่าที่ดีที่สุด (response optimization) ของอัตราส่วนผสมระหว่างผักตบชวากับถ่านแกลบที่มีอิทธิผลต่อค่าพลังงานความร้อน โดยได้กำหนดความต้องการให้ได้คุณสมบัติมีค่ามากที่สุด (maximum) ซึ่งผลการวิเคราะห์เป็นไปตามภาพที่ 12



ภาพ 12 การวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนที่สูงที่สุด (maximum)

จากภาพที่ 12 เป็นการวิเคราะห์หาค่าที่ดีที่สุด (response optimization) ของอัตราส่วนผสมระหว่างผักตบชวากับถ่านแกลบที่มีอิทธิผลต่อค่าพลังงานความร้อนมีค่าที่สูง (maximum) ซึ่งที่อัตราส่วนผสมอยู่ที่ 60:40 (ถ่านแกลบ: ผักตบชวา) ผลที่ได้พบว่าค่าพลังงานความร้อนที่ได้มีค่าเท่ากับ 3,221.681 cal/g

การอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการวิเคราะห์อัตราส่วนผสมระหว่างผักตบชวากับถ่านแกลบที่มีอิทธิพลต่อค่าพลังงานความร้อนของถ่านชีวมวล พบว่าในการทดสอบค่าพลังงานความร้อนของส่วนผสมทั้ง 2

คือผักตบชวากับถ่านแกลบ โดยเมื่อสร้างตัวอย่างผักตบชวาทดสอบมาทำการอบไล่ความชื้น 5 ตัวอย่าง พบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งมีน้ำหนักต่ำสุดเฉลี่ย 10.926 กรัม มีค่า $R^2 = 0.738$ ที่ระดับความมั่นใจ 95% จากนั้นคำนวณค่าความชื้นมาตรฐานเปียก (% w.b.) ของตัวอย่างทดสอบตามมาตรฐาน AOAC โดยที่มีค่าความชื้นมาตรฐานเปียกอยู่ที่ 0 % w.b. จะให้ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยอยู่ที่ 2,963.8 cal/g และทำการทดสอบหาค่าพลังงานความร้อนของถ่านแกลบซึ่งจากการทดสอบ พบว่า ถ่านแกลบมีค่าพลังงานความร้อนประมาณ 3,300 cal/g โดยเปรียบเทียบค่ามาตรฐานค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงของชีวมวลที่มีค่าอยู่ที่ 2,000 cal/g ทำให้ทราบว่าผักตกชวาและถ่านแกลบสามารถนำไปใช้ทำเป็นเชื้อเพลิงได้ต่อไป จากนั้นวิเคราะห์ออกแบบการทดลองที่เลือกใช้ในครั้งนี้คือ แบบผสม (mixture design) โดยใช้โปรแกรม Minitab เป็นโปรแกรมวิเคราะห์เชิงสถิติที่สามารถพยากรณ์และช่วยในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบ จากการวิเคราะห์ได้อัตราส่วนผสมทั้งหมด 5 สูตร คือ 40:60, 45:55, 50:50, 55:45 และ 60:40 (ผักตบชวา:ถ่านแกลบ) พบว่าค่าพลังงานความร้อนอยู่ในช่วง 3,010.93-3,223.33 cal/g โดยที่อัตราส่วนผสม 40 : 60 (ผักตบชวา : ถ่านแกลบ) มีค่าพลังงานความร้อนสูงสุดอยู่ที่ 3,223.33cal/g

References

AOAC. (2000). *Official method of analysis* (17th ed.). Washington D. C.: Author

Bangphan, S. (2004). *Efficiency improvement of brown rice milling machine by using design of experiment technique*. Master of Engineering Thesis. Chiangmai University. (in Thai)

Chubandit, S. (2014). *National water hyacinth: Law of hyacinth elimination (1)*. Retrieved from http://www.senate.go.th/w3c/senate/comm.php?url=view&comm_id=71&content_id=3904 (in Thai)

Department of Alternative Energy Development and Efficiency Ministry of Energy. (2013). *Energy in Thailand: Facts & figures 2013*. Bangkok: Author. (in Thai)

Haaland, P. D. (1989). Experimental design. *Experimental Design in Biotechnology, 105*(15), 259.

Sabseree, J. (2012). *Program guide Minitab R.14*. Retrieved from http://www.training/minitab14.html (in Thai)

Soponronnarit, S. (1996). *Drying of cereal and some others type of food* (7th ed.). Bangkok: King Mongkut's University of Technology Thonburi. (in Thai)

Tantisattayakul, T., et al. (2015). Community-based renewable energy from biomass briquettes fuel from coconut leaf. *Thammasat Journal of Science and Technology, 23*(3), 418-431. (in Thai)

To-on, P. (2014). Analysis of the growth rate of plants using flowerpot from animal manure, fuzz and coconut fiber by using design of experiment. *EAU Heritage Journal, Science and Technology, 8*(1), 140-147. (in Thai)