การผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษหน่อไม้เหลือทิ้ง

The Production of Charcoal Briquettes from Waste Bamboo Shoots

พงศกร สุรินทร์[1*], ชูเกียรติ ธรรมจินดา[2], ณรงค์ ค่อมคิรินทร์[3] และ อดิเรก เฉลียว[4]

Pongsakorn Surin[1*], Chookeit Tumjinda[2], Narong Komkirin[3] and Adirek Chaliew[4]

*[*1234]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000*

*[*1234]Department or Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang 52000*

Received : 2021-04-18 Revised : 2021-04-30 Accepted : 2021-05-05

บทคัดย่อ

เศษหน่อไม้เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปหน่อไม้ซึ่งนับว่าเป็นปัญหาด้านขยะของผู้ประกอบการในจังหวัดลำปาง ดังนั้นผู้ประกอบต้องการหาแนวการใช้ประโยชน์จากเศษหน่อไม้เหลือทิ้ง การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) ศึกษาอัตราส่วนผสมการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษหน่อไม้เหลือทิ้ง 2) ศึกษาอุณหภูมิสูงสุดถ่านอัดแท่งจากเศษหน่อไม้เหลือทิ้ง วิธีการวิจัยเชิงทดลองอัตราส่วนผสมการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษหน่อไม้เหลือทิ้ง ร่วมกับผงถ่าน แป้งมันสำปะหลังและน้ำ โดยใช้กระบวนการอัดขึ้นรูปถ่านด้วยเครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวยและตากแห้งถ่านอัดแท่งจากเศษหน่อไม้เหลือทิ้ง หลังจากนั้นจึงทดสอบด้วยวิธีการต้มน้ำให้เดือด ผลการวิจัย 1) อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ เศษหน่อไม้ 300 กรัม, ผงถ่าน 2,500 กรัม, แป้งมันสำปะหลัง 500 กรัม และน้ำ 2,500 กรัม 2) อุณหภูมิสูงสุด 70 องศาเซลเซียส ช่วงเวลาที่ให้ความร้อนสูงสุดที่เวลา 80 นาที รวมเวลาเผาไหม้ 135 นาที

คำสำคัญ :ถ่านอัดแท่ง, หน่อไม้, ค่าความร้อน

Abstract

The Bamboo shoots left over from the process of processing bamboo shoots, which is a waste problem for entrepreneurs in Lampang Province. Therefore entrepreneurs want to find a way to make use of the waste bamboo shoots. The objectives of this research were to: 1) to examine the rate of charcoal briquette production from bamboo shoot waste 2) to examine the maximum temperature of charcoal briquette production from bamboo shoot waste. Research methodology this was an experimental research mixture rate of charcoal briquette production from waste bamboo shoots. Together with charcoal powder tapioca starch and water. The charcoal extrusion process is then used by a conical screw compressor. And dry the charcoal sticks from the remnants of bamboo shoots after that the test was done by boiling water to boil. The results of the study were as follows : 1) the optimum ratio was 300 grams of bamboo shoots 2,500 grams of charcoal powder 500 grams of tapioca starch and 2,500 grams of water. 2) the maximum temperature is 70 C°, the maximum heating time is 80 minutes, including the burning time 135 minutes.

Keywords : Charcoal, Heating value, Temperature

*พงศกร สุรินทร์

E-mail : : *p.surin1980@yahoo.co.th.*

1. บทนำ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [1] ได้ประเมินศักยภาพชีวมวลจากเศษวัสดุทางการเกษตรในประเทศในปี พ.ศ.2561 โดยแบ่งออกเป็นชีวมวลที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร และชีวมวลที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่เพาะปลูก ดังนี้ 1) ชีวมวลที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร อาทิเช่น กากอ้อย จากอุตสาหกรรมน้ำตาล แกลบจากโรงสีข้าว ใยปาล์มและทะลายปาล์มเปล่าที่ได้จากอุตสาหกรรมสกัดน้ำมัน ปาล์มดิบ เป็นต้น 2) ชีวมวลที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่เพาะปลูกจะเกิดจากชีวมวลส่วนที่เหลือภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตของเกษตรกร ได้แก่ เหง้ามันสำปะหลัง ฟางข้าว ยอดและใบอ้อย ตอและรากไม้ ยางพารา เป็นต้น ชีวมวลเหล่านี้ไม่นิยมนำมาผลิตพลังงาน เนื่องจากมีต้นทุนสูงในการรวบรวมและขนส่งจากพื้นที่เพาะปลูกไปยังสถานที่ใช้งานที่อยู่ห่างไกล ชีวมวลเหล่านี้จึงมักถูกทิ้งไว้ในพื้นที่เพาะปลูกเพื่อให้ย่อยสลายกลายเป็นสารปรับปรุงดิน หรือถูกเผาทำลายในพื้นที่เพาะปลูก

บริษัทอิ่น-อ๋อง ฟู้ด จำกัด มีผลิตภัณฑ์ ได้แก่ หน่อไม้อัดบิ๊ป ชนิดบรรจุลงบิ๊ป กระเทียมดอง ชนิดบรรจุลงขวดโหลพลาสติก ผักกาดดอง ชนิดบรรจุลงขวดโหลพลาสติก และหน่อไม้เส้น ชนิดบรรจุลงถุงพลาสติก โดยหลังจากกระบวนการแปรรูปหน่อไม้จะมีเศษหน่อไม้เหลือทิ้งที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้จำนวน 500–1,000 กิโลกรัมต่อวัน ทำให้ทางบริษัทฯ จึงต้องนำเศษหน่อไม้เหลือทิ้งไปกำจัดด้วยวิธีการเททิ้งในพื้นที่ของตนเอง จากประเด็นของเศษหน่อไม้เหลือทิ้งดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงให้ความสำคัญต่อการนำเศษหน่อไม้เหลือทิ้งซึ่งถือว่าเป็นชีวมวลแบบหนึ่งซึ่งสามารถใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านพลังงานเชื้อเพลิง โดยการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) ศึกษาอัตราส่วนผสมการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษหน่อไม้เหลือทิ้ง 2) ศึกษาอุณหภูมิสูงสุดการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษหน่อไม้เหลือทิ้ง

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การผลิตความร้อน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [1] อุตสาหกรรมเกษตรมีการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกในรูปของพลังงานความร้อนอย่างแพร่หลาย ซึ่งช่วยลดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงและเป็นการนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกด้วยที่ผ่านมาในปี พ.ศ. 2561 ชีวมวลถูกนำมาใช้ผลิตความร้อนมากที่สุดถึงร้อยละ 90 ของการผลิตพลังงานความร้อนจากพลังงานทดแทนทั้งหมดร้อยละ 50 ของชีวมวลมาจากชานอ้อยในอุตสาหกรรมน้ำตาล ส่วนที่เหลือเป็นพลังงานความร้อนจากก๊าซชีวภาพ ขยะ และพลังงานแสงอาทิตย์

ตารางที่ 1 การใช้พลังงานความร้อนจากพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ปี พ.ศ.2559–2561

ประเภทเชื้อเพลิง	ความร้อน (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)		
	พ.ศ.2559	พ.ศ.2560	พ.ศ.2561
1.แสงอาทิตย์	6.7	9.3	10.1
2.ชีวมวล	6,507	6,616	7,152
- ฟืน	162	229	272
- แกลบ	193	366	429
- ชานอ้อย	3,248	3,824	4,270
- วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร*	2,904	2,197	2,181
3.ก๊าซชีวภาพ	593	634	634
4.ขยะ	75	63	123
รวม	**7,182**	**7,322**	**7,919**

*วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ ชานอ้อย แกลบ เศษไม้ ใบปาล์ม กะลาปาล์ม และขี้เลื่อย เป็นต้น

2.2 กระบวนการอัดแท่งเชื้อเพลิง ประกอบด้วย

2.2.1 การอัดแล้วทำให้เป็นถ่าน Carbonization สำหรับการทำวิธีนี้จะต้องมีการอัดวัตถุดิบที่มีอยู่ให้ละเอียดก่อนแล้ว จึงจะทำให้เป็นถ่านอัดแท่ง Carbonization ตามขั้นตอนโดยการที่ใช้เตาเผาตามรูปแบบธรรมดา ซึ่งมีข้อดีคือ เมื่อมีการอัดถ่านให้เป็นแท่งแล้วสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้เลย

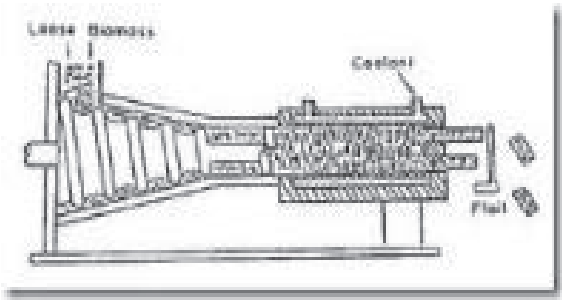
โดยที่ไม่ต้องมีการทำให้เป็นถ่าน Carbonization ก่อนและยังสามารถใช้เผาได้ในเตาเผาถ่านแบบทั่วไปและธรรมดา ส่วนข้อเสียของการอัดแล้วทำให้เป็นถ่านคือ ในกระบวนการผลิตเมื่อมีการให้พลังงานสูงส่วนใหญ่มักจะเกิดความดันสูงขึ้นในการอัดถ่าน โดยความดันที่สูงจะมีผลกระทบต่อเครื่องสูงมากถึงขั้นทำให้เสียหายได้ และก้อนเชื้อเพลิงที่ยังไม่ผ่านการจะต้องมีการดูแลในเรื่องของการแตกร้าวในระหว่างการตากและดูแลในเรื่องความชื้น โดยต้องมีโรงเก็บที่เหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้ถ่านเกิดความชื้น เมื่อถ่านเกิดความชื้นจะทำให้ติดไฟได้ยาก

2.2.2 การทำให้เป็นถ่าน Carbonization แล้วจึงอัด วิธีนี้จะมีการทำให้วัตถุดิบเป็นถ่าน Carbonization ก่อน และต้องมีการบดถ่านที่ได้เพื่อให้เป็นผงถ่านก่อนที่จะอัด โดยที่มีการเลือกตัวประสานที่เหมาะสมในการผลิต ซึ่งมีข้อดีคือ ใช้พลังงานในการอัดน้อยกว่าวิธีแรก และในการผลิตมักจะไม่เกิดของเสีย ส่วนข้อเสียคือ อาจจะมีขนาดเล็กไม่เหมาะในทางการค้า ต้องมีการมาอัดแท่งก่อนและสัดส่วนของถ่านต่อหน่วยวัตถุดิบจะได้ผลผลิตน้อยกว่าวิธีแรก

2.2.3 การตากแห้งผลผลิต การอัดแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเกษตรนั้นหลังจากผสมตัวประสานและอัดออกมาเป็นแท่งแล้วมักจะมีความชื้นแฝงอยู่ ดังนั้นก่อนที่จะนำไปใช้งานจะต้องทำให้แห้งก่อนโดยวิธีที่สะดวกและประหยัดคือ การตากแดดโดยตรงอาจตากบนพื้นซีเมนต์ หรือบนสังกะสีลูกฟูกฯลฯ ก็นับว่าเป็นวิธีที่ประหยัดที่สุดนอก และยังมีวิธีการตากหรือการทำแห้งหลายวิธี คือ อบในตู้แสงอาทิตย์ อบด้วยความร้อนจกเตาผาขยะ อบด้วยความร้อนที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและอบด้วยความร้อนจากเครื่องทำความร้อน เป็นต้น

2.3 เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวย (Conical screw press)

มีหลักการทำงานคือเกรียวรูปกรวยจะดันให้วัสดุเคลื่อนตัวไปข้างหน้า เมื่อพ้นเกลียวไปวัสดุถูกดันผ่านกระบอกอัดขนาด 25 มิลลิเมตร การไหลผ่านของวัสดุเข้าไปในกระบอกอัดเพิ่มขึ้นพร้อมกับแรงเสียดทานที่มากขึ้น กำลังในการผลิตของเครื่องอัดแท่งแบบนี้อยู่ในช่วง 500-1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตรากำลังของมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนอัดอยู่ระหว่าง 35-75 กิโลวัตต์ วัสดุที่ใช้ทำการอัดควรมีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดและมีความชื้นร้อยละ 8-10



รูปที่ 1 เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวย

2.4 การหาประสิทธิภาพการให้ความร้อนสำหรับการใช้งานทางความร้อนของ (Heat Utilization Efficiency) สามารถหาได้จากสมการ [2]

$$\eta_{Thermal} = \frac{\sum ms(t_2 - t_1) + t_3 - t_1)}{Wq} x100 \quad (1)$$

เมื่อ $\eta_{Thermal}$ = ประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนของเชื้อเพลิง (%)

W = น้ำหนักของเชื้อเพลิง (g)

q = ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง (J/g)

W = น้ำหนักของเชื้อเพลิง (g)

m = น้ำหนักของน้ำในหม้อต้ม (g)

S = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ 4.81 J/g (^{o}C)

t_1 = ค่าอุณหภูมิของน้ำเมื่อเริ่มแรก (^{o}C)

t_2 = ค่าอุณหภูมิของน้ำเดือด (^{o}C)

t_3 = ค่าอุณหภูมิของน้ำสุดท้ายของหม้อต้ม(^{o}C)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุ อุปกรณ์ ในการศึกษาอัตราส่วนผสมการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษหน่อไม้เหลือทิ้ง มีดังนี้

3.1.1 เครื่องชั่งแบบติจิตอล

3.1.2 เทอร์โมมิเตอร์ดิจิตอลแบบจุ่ม

3.1.3 เศษหน่อไม้เหลือทิ้ง ที่นำมาจากโรงงานจะถูกนำมาลดขนาดลงให้มีขนาดเล็กลงก่อน จากนั้นจะนำเศษหน่อไม้เหลือทิ้งที่ลดขนาดแล้วไปตากให้แห้งเพื่อลดความชื้นลงใช้เวลาในการทำให้แห้งจำนวน 48 ชั่วโมง

รูปที่ 2 เศษหน่อไม้เหลือทิ้งที่ตากแห้งแล้ว

3.1.4 เครื่องอัดถ่านแท่งจากเศษหน่อไม้เหลือทิ้งระบบ สกรูเกลียวแบบรูปกรวย มีส่วนประกอบ ส่วนหลัก ดังนี้

4.1) ถังผสม

4.2) ชุดเกลียวอัดรูปกรวย

4.3) ชุดควบคุมเครื่อง

4.4) ชุดต้นกำลัง

รูปที่ 3 เครื่องอัดถ่านแท่งเชื้อเพลิงจากเศษหน่อไม้เหลือทิ้ง

3.2 วิธีการดำเนินงาน ในการศึกษาอัตราส่วนผสมการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษหน่อไม้เหลือทิ้ง มีดังนี้

3.2.1 การผสมวัตถุดิบสำหรับอัดถ่าน โดยการนำวัตถุดิบทั้งหมดเทผสมในถังผสมจากนั้นทำการเดินเครื่องเพื่อให้ใบกวนทำการผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน ซึ่งอัตราส่วนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการอัดถ่าน สำหรับการอัดถ่านในครั้งนี้ได้ศึกษาอัตราส่วน ดังที่ปรากฏในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราส่วนการผสมวัตถุดิบ

ลำดับที่	วัตถุดิบ	อัตราส่วน (กรัม)
1	เศษหน่อไม้เหลือทิ้งที่ตากแห้ง : ผงถ่านไม้ : แป้งมันสัมปะหลัง : น้ำ	1,000 : 1,000 : 500 : 2,000
2	เศษหน่อไม้เหลือทิ้งที่ตากแห้ง : ผงถ่านไม้ : แป้งมันสัมปะหลัง : น้ำ	500 : 2,000 : 500 : 2,500
3	เศษหน่อไม้เหลือทิ้งที่ตากแห้ง : ผงถ่านไม้ : แป้งมันสัมปะหลัง : น้ำ	300 : 2,500 : 500 : 2,500

รูปที่ 4 การชั่งน้ำหนักส่วนผสม (ก) เศษหน่อไม้เหลือทิ้งที่ย่อยและตากแห้งแล้ว (ข) ผงถ่าน

รูปที่ 5 การชั่งน้ำหนักส่วนผสม (ค) แป้งมันสัมปะหลัง (ง) น้ำ

3.2.2 การอัดถ่านและลดความชื้น การอัดถ่านแท่งจะใช้เกลียวอัดรูปกรวยซึ่งเป็นการขึ้นรูปอัดแบบเย็นซึ่งถ่านที่ได้จะเป็นลักษณะแท่งทรงกระบอก ยาวเฉลี่ย 20 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 7.5 เซนติเมตร และจะมีรูตรงกลางเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 2.3 เซนติเมตร โดยหลังจากนี้จะนำถ่านที่ได้ไปตากแห้งเพื่อไล่ความชื้น จำนวน 48 ชั่วโมง

รูปที่ 6 อัตราส่วนส่วนที่ 1 (กรัม) 1,000 : 1,000 : 500 : 2,000

รูปที่ 7 อัตราส่วนส่วนที่ 2 (กรัม) 500 : 2,000 : 500 : 2,500

รูปที่ 8 อัตราส่วนที่ 3 (กรัม) 300 : 2,000 : 500 : 2,500

3.2.3 ศึกษาอุณหภูมิสูงสุดการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษหน่อไม้เหลือทิ้ง สำหรับการใช้งานทางความร้อนของ (Heat Utilization Efficiency) ของถ่านอัดแท่งจากเศษหน่อไม้ โดยการวัดอุณหภูมิจากทั้ง 3 อัตราส่วน อย่างละ 500 กรัม เพื่อต้มน้ำ จำนวน 2,000 กรัม ทำการวัดอุณหภูมิด้วย Thermometer ดิจิตอลแบบจุ่ม โดยจะบันทึกเวลาและอุณหภูมิทุก ๆ 5 นาทีตั้งแต่ถ่านเริ่มติดไฟไปถึงถ่านไหม้จนมอดดับ

รูปที่ 9 การทดสอบต้มน้ำ

4. ผลการวิจัย

4.1 อัตราส่วนผสมถ่านอัดแท่งจากเศษหน่อไม้เหลือทิ้ง พบว่า อัตราส่วนผสมที่ 3 เศษหน่อไม้ : ผงถ่าน : แป้งมันสำประหลัง : น้ำ (300 กรัม: 2,500 กรัม : 500 กรัม : 2,500 กรัม) เหมาะสมที่สุด เนื่องจาก มีความหนาแน่นที่ดี การคงรูปหลังแห้งดี รองลงมา อัตราส่วนผสมที่ 2 เศษหน่อไม้ : ผงถ่าน : แป้งมันสำประหลัง : น้ำ (500 กรัม : 2,000 กรัม : 500 กรัม: 2,500 กรัม) เนื่องจาก มีความหนาแน่นปานกลาง การคงรูปหลังแห้งดี และอัตราส่วนผสมที่ 1 เศษหน่อไม้ : ผงถ่าน : แป้งมันสำประหลัง : น้ำ (1,000

กรัม : 1,000 กรัม : 500 กรัม : 2,000 กรัม) มีความหนาแน่นต่ำ การคงรูปหลังแห้งปานกลาง

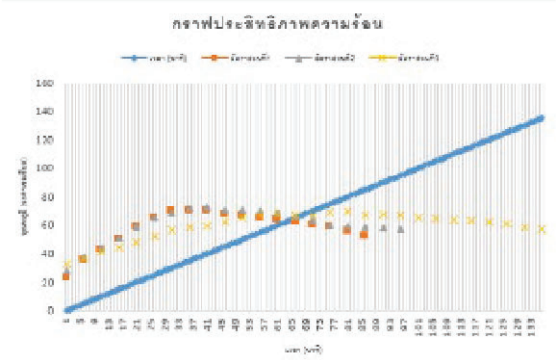
4.2 อุณหภูมิสูงสุดการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษหน่อไม้เหลือทิ้ง พบว่า อัตราส่วนผสมที่ 3 ใช้เวลาการเผาไหม้เริ่มต้นที่ 0 นาที โดยอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 70 องศาเซลเซียส ณ เวลาที่ 80 นาที จากนั้นอุณหภูมิค่อยๆ ลดลงจนเหลือแต่ขี้เถ้าใช้เวลา 135 นาที ซึ่งสัมพันธ์กับอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด รองลงมาอัตราส่วนผสมที่ 2 ใช้เวลาการเผาไหม้เริ่มต้นที่ 0 นาที โดยอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 72.8 องศาเซลเซียส ณ เวลาที่ 40 นาที จากนั้นอุณหภูมิค่อยๆ ลดลงจนเหลือแต่ขี้เถ้าใช้เวลา 95 นาที ซึ่งสัมพันธ์กับอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมปานกลางและอัตราส่วนผสมที่ 1 ใช้เวลาการเผาไหม้เริ่มต้นที่ 0 นาที โดยอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 70.7 องศาเซลเซียส ณ เวลาที่ 40 นาที จากนั้นอุณหภูมิค่อยๆ ลดลงจนเหลือแต่ขี้เถ้าใช้เวลา 85 นาที ซึ่งสัมพันธ์กับอัตราส่วนผสมที่ต่ำเกินไป

ตารางที่ 3 การทดสอบด้วยการต้มน้ำ

เวลา (นาที)	ส่วนผสมในการทดลอง		
	อัตราส่วนที่1	อัตราส่วนที่ 2	อัตราส่วนที่ 3
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส
0	23	28.2	32.5
5	35.5	38.1	36.5
10	42.5	44.1	41.3
15	50.2	50.5	44.6
20	58.9	58.9	47.9
25	65.7	65.5	52.5
30	69.7	68.2	57
35	70.5	71.8	59
40	70.7	72.8	59.3
45	67.7	70.7	62.8
50	66.9	71.3	65.3

ตารางที่ 3 การทดสอบด้วยการต้มน้ำ (ต่อ)

เวลา (นาที)	ส่วนผสมในการทดลอง		
	อัตราส่วนที่1	อัตราส่วนที่ 2	อัตราส่วนที่ 3
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส
55	65.3	70.1	66.7
60	64.1	69.2	67.2
65	62.1	66.3	66.9
70	60.1	64.1	67.1
75	58.5	60.5	69.3
80	56.1	59.2	70
85	52.6	58.6	66.7
90	-	58.1	67.6
95	-	57.4	66.9
100	-	-	65.7
105	-	-	64.3
110	-	-	63.9
115	-	-	62.9
120	-	-	62.3
125	-	-	60.7
130	-	-	58.7
135	-	-	57.3



รูปที่ 10 กราฟประสิทธิภาพการใช้งาน

จากรูปที่ 10 .ประสิทธิภาพการใช้งาน อัตราส่วนผสมที่ 3 ให้อุณหภูมิสูงสุด 70 องศาเซลเซียส ช่วงเวลาที่ให้ความร้อนสูงสุดที่เวลา 80 นาที รวมเวลาเผาไหม้ 135 นาที จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนผสมที่ 3 สามารถเผาไหม้ได้ยาวนานกว่าอัตราส่วนผสมที่ 1 เป็นเวลา 50 นาที คิดเป็น 37.03 เปอร์เซ็นต์ และสามารถเผาไหม้ได้ยาวนานกว่าอัตราส่วนผสมที่ 2 เป็นเวลา 40 นาที คิดเป็น 29.26 เปอร์เซ็นต์

5. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

เศษหน่อไม้เหลือทิ้งทั้ง 3 อัตราส่วน ที่นำมาศึกษาจัดอยู่ในกลุ่มของชีวมวลที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร โดยนำมาผสมร่วมกับวัสดุตัวประสาน ผงถ่าน แป้งมันสำปะหลัง และน้ำ ซึ่งก็สอดคล้องกับงานวิจัยที่มีการนำชีวมวลมาใช้ประโยชน์ร่วมกับวัสดุตัวประสานต่าง ๆ ดังที่ปกรณ์ อุ่นไธสง และรชต มณีโชติ [2] โดยการนำฝักราชพฤกษ์แก่มาศึกษาส่วนประกอบถ่านฝักราชพฤกษ์ แป้งมันสำปะหลัง และน้ำ รวม 3 อัตราส่วนได้แก่ อัตราส่วน 1 : 1 : 0.75, 2 : 1 : 0.50 และ 3 : 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก ธนิรันต์ ยอดดำเนิน และเสาวลักษณ์ ยอดวิญญูวงศ์ [3] ใช้อัตราส่วนผสมจากใบอ้อยและชานอ้อย น้ำและแป้งมันสำปะหลัง ศตพล มุ่งค้ำกลาง [4] อัตราส่วนของถ่านกะลามะพร้าวต่อฟางข้าวหรือชานอ้อยที่อัตราส่วน 9:1 8:2 7:3 6:4 และ 5:5 โดยปริมาตร โรสลีนา อนันตนุกูลวงศ์ และคณะ [5] การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้กะลามะพร้าว (พันธุ์ต้นสูง) ใบไม้แห้ง (ใบต้นละมุด) ขี้เลื่อย (ต้นทุเรียน) ผลิตเป็นถ่านอัดแท่งโดยมีน้ำหนัก 100 % และอนุวัตร ศรีนวล และอัมพวัลย์ ชัยนาวา [6] สัดส่วนผสมระหว่างถ่านหินลิกไนต์และใบสนประดิพัทธ์ สัดส่วน 70:30 และตัวประสานความเข้มข้น 1% มีคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน จึงสรุปได้ว่าเศษหน่อไม้เหลือทิ้งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านของการนำมาเป็นส่วนผสมสำหรับการทำเชื้อเพลิงชีวมวลได้

นอกจากนี้อัตราส่วนผสมที่ 3 เศษหน่อไม้ : ผงถ่าน : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ (300 กรัม : 2,500 กรัม : 500 กรัม : 2,500 กรัม) ให้อุณหภูมิสูงสุด 70 องศาเซลเซียส ช่วงเวลาที่ให้ความร้อนสูงสุดที่เวลา 80 นาที รวมเวลาเผาไหม้ 135 นาที ซึ่งก็สอดคล้องกับงานวิจัยที่มีการหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล ปกรณ์ อุ่นไธสง และรชต มณีโชติ [2] ถ่านอัดแท่งจากฝักราชพฤกษ์ ให้ค่าความร้อน 22.58 MJ/kg (5,394 kcal/kg) และประสิทธิภาพการใช้งานอุณหภูมิสูงสุดที่ 87.6℃ แล้วปล่อยให้อุณหภูมิลดลงเหลือ 50℃ รวมเวลาเผาไหม้ 451 นาทีประสิทธิภาพทางความร้อน 52.81% ธนิรันต์ ยอดดำเนิน และเสาวลักษณ์ ยอดวิญญูวงศ์ [3] ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งจากใบอ้อยและชานอ้อยให้ค่าความร้อนเท่ากับ4,591.80cal/g และมีค่าประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนของถ่านอัดแท่งจากใบอ้อยและชานอ้อยสูงสุดประมาณ 46.5% ศตพล มุ่งค้ำกลาง [4] ถ่านกะลา มะพร้าวผสมกับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จากการทดลองพบว่า แท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมฟางข้าวมีค่าความร้อน 6,186.066,014.315,880.265,770.74 และ 5,667.04 Kcal/Kg โรสลีนา อนันตนุกูลวงศ์ และคณะ [5] ถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้กะลามะพร้าว (พันธุ์ต้นสูง) ใบไม้แห้ง (ใบต้นละมุด) ขี้เลื่อย (ต้นทุเรียน) พบว่าค่าความร้อนจากกะลามะพร้าว(พันธุ์ต้นสูง), ใบไม้แห้ง (ใบต้นละมุด),ขี้เลื่อย(ต้นทุเรียน) มีค่าเท่ากับ 4910.82 cal/g 3,195.757 cal/g และ 5,067.55cal/g และอนุวัตร ศรีนวล และ อัมพวัลย์ ชัยนาวา [6] ศึกษาความสัมพันธ์ของสัดส่วนผสมระหว่างถ่านหินลิกไนต์และใบสนประดิพัทธ์ ให้ค่าความร้อน 5,322.25 แคลอรีต่อกรัม ข้อเสนอแนะที่จะนำผลการวิจัยนั้นไปใช้ประโยชน์ คือ การเลือกใช้ผงถ่านที่มีค่าความร้อนที่เหมาะสม เพราะจะให้ส่งผลถึงค่าความร้อนที่จะสูงตามไปด้วย นอกจากความละเอียดของการเตรียมเศษหน่อไม้เหลือทิ้งให้มีขนาดที่ละเอียดก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การอัดมีความหนาแน่นมากขึ้นทำให้เชื้อเพลิงเผาไหม้ได้นานขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทอิ่น-อ๋อง ฟู้ด จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการร่วมทำงานและสนับสนุนในด้านต่าง ๆ จะให้การดำเนินงานบรรลุวัตถุประสงค์ และขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ

เอกสารอ้างอิง

[1] แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ.2561-2580. (2563). กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.

[2] ปกรณ์ อุ่นไธสง และรชต มณีโชติ. (2562). การสร้างเครื่องและหาประสิทธิภาพถ่านอัดแท่งจากฝักราชพฤกษ์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 7(2),* 147-157.

[3] ธนิรันต์ ยอดดำเนิน และเสาวลักษณ์ ยอดวิญญูวงศ์. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งจากใบอ้อยและชานอ้อยสู่วิสาหกิจชุมชน. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีพลังงานและสิ่งแวดล้อม, 7(2),* 12-24.

[4] ศตพล มุ่งค้ำกลาง. (2559). การหาประสิทธิภาพแท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวและวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรในการประกอบอาหาร. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : เทพสตรี I-TECH, 11(1),* 59-67.

[5] โรสลีนา อนันตนุกูลวงศ์, รอดียะห์ เจ๊ะแม และนุรมายามีน สาเร๊ะนุ. (2562). การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย, 4(1),* 47-53.

[6] อนุวัตร ศรีนวล และ อัมพวัลย์ ชัยนาวา. (2561). การศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบสนประดิพัทธ์ผสมถ่านหินลิกไนต์. *วารสารวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต, 8(3),* 128-151