

**การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากหญ้าแฝก**  
**A STUDY ON THE OPTIMUM RATIO FOR PRODUCTION OF BRIQUETTE CHARCOAL**  
**FROM VETIVER GRASS**

วัชรานนท์ จูฑาจันทร์<sup>1\*</sup>

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์<sup>1\*</sup>

Watcharanon Jutajan<sup>1\*</sup>

Faculty of science and technology, Surindra Rajabhat University<sup>1\*</sup>

E-mail : Watcharanon\_j@hotmail.com<sup>1\*</sup>

**บทคัดย่อ**

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนของปริมาณผงถ่านที่ได้จากหญ้าแฝกต่อตัวประสานที่เหมาะสมในการขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง และเปรียบเทียบเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง มผช. 238/2547 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบใช้ผงถ่านที่ได้จากการเผาถ่านจากหญ้าแฝกมาบดละเอียด แล้วนำมาผสมกับตัวประสานที่เป็นแป้งเปียก กำหนดอัตราส่วนโดยมวลของผงถ่าน (กิโลกรัม) ต่อปริมาตรของตัวประสาน (ลิตร) ที่ใช้ศึกษา 5 อัตราส่วนได้แก่ 0.5 : 1 , 1.0 : 1 , 1.5 : 1 , 2.0 : 1 และ 2.5 : 1 ตามลำดับ อัดขึ้นรูปด้วยวิธีอัดเย็น อัดเป็นแท่งรูปทรงแบบกล่องแล้วนำมาศึกษาสมบัติต่างๆ ผลการศึกษาพบว่าถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 2.5 : 1 ไม่สามารถขึ้นรูปได้ ส่วนของผงถ่านที่เพิ่มขึ้นในส่วนผสมแปรผันตรงกับค่าดัชนีการแตกร่วนและปริมาณเถ้า แต่แปรผกผันกับความหนาแน่นปรากฏ ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ ส่วนปริมาณสารระเหยและปริมาณคาร์บอนคงตัวมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบสมบัติของถ่านอัดแท่งกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่งพบว่า ถ่านอัดแท่งที่มีอัตราส่วน 1.5 : 1 มีสมบัติผ่านเกณฑ์ทุกข้อที่ทดสอบ และเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตถ่านอัดแท่งจากหญ้าแฝกโดยมีค่าความร้อนเฉลี่ย 5 ,335±4.95 แคลอรีต่อกรัม และให้ค่าประสิทธิภาพทางการใช้งานสูงสุด

**คำสำคัญ :** ถ่านอัดแท่ง หญ้าแฝก อัตราส่วนผสม

**Abstract**

This research aims to study the effects of ratio on charcoal dust from vetiver grass to the optimal ratio of binder for the production of briquettes charcoal and to compare with the benchmark of community standard for charcoal Production (MPC. 238/2547). Tested samples used in this research comprised of charcoal powder from burning vetiver grass mixed with the tapioca starch as a binder with 5 ratios of charcoal powder mass (kilograms) to binder volume (Liters) as followings; 0.5:1, 1.0:1, 1.5:1, 2.0:1, 2.5:1, respectively. The forming process was shaped by cold-pressed processes in block shape. Then, the briquettes charcoal was determined all tested characteristic factors. The results showed that the briquettes charcoal at the ratio of 2.5:1 cannot be shaped. The increasing charcoal powder in the mixture is directly proportional to the

shatter index, but inverse effects on the bulk density and amount of combustible substance. However, volatile matter and fixed carbon showed no significant differences ( $P>0.05$ ). Moreover, The briquettes charcoal at ratio of 1.5:1 passed all tested requirements, showing the optimal ratio for briquettes charcoal from vetiver grass with the heating values of  $5,335\pm 4.95\text{cal/g}$ , demonstrated that the highest application product efficiency, when compared with the benchmark of community standard for charcoal production.

**Keywords :** briquettes charcoal, vetiver grass, mixed ratio.

## 1. บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันมีการส่งเสริมให้ปลูกหญ้าแฝกโดยพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 พระองค์ทรงได้พระราชทานพระราชดำริให้ศึกษา “ หญ้าแฝก ” เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน และอนุรักษ์ความชุ่มชื้นไว้ในดิน รวมทั้งใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ ตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2534 เป็นต้นมา ทรงให้ทุกหน่วยงานและหน่วยงานราชการที่มีศักยภาพในการขยายพันธุ์ ให้ความร่วมมือกับกรมพัฒนาที่ดินในการผลิตกล้าหญ้าแฝก และแจกจ่ายกลุ่มเป้าหมายให้เพียงพอ ” และทรงมีพระราชดำริสำหรับใบแฝกที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบนั้น ควรมีการศึกษาด้วยว่าหากมีการส่งเสริมและดำเนินการในระดับอุตสาหกรรมแล้วจะมีวัตถุดิบเพียงพอหรือไม่ โดยปกติหญ้าแฝกจะมีใบมากและมีการเจริญเติบโตได้เร็วควรมีการศึกษาให้มีการนำไปใช้อย่างเหมาะสม ไม่ให้เกิดผลกระทบกับวัตถุประสงค์หลัก คือ การใช้หญ้าแฝกเพื่อป้องกันการชะล้างและการพังทลายของดิน [1] ด้วยเหตุนี้จึงมีการปลูกหญ้าแฝกอย่างแพร่หลายในหลายท้องที่ การที่ใบของหญ้าแฝกเจริญเติบโตได้เร็วจึงมีการนำใบหญ้าแฝกมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ แต่ผลิตภัณฑ์หลายอย่างมีกระบวนการผลิตที่ยุ่งยากและใช้เวลานาน หลายท้องที่ที่ยังคงมีใบหญ้าแฝกเหลือใช้จำนวนมาก ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะหาแนวทางการใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกในรูปแบบอื่นอีกหลายๆ ด้าน

ปัญหาเชื้อเพลิงในปัจจุบันเป็นสาเหตุสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจของประเทศ จึงมีความจำเป็นที่ต้องการหาวัสดุที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยเฉพาะการใช้เชื้อเพลิงในการหุงต้มของครัวเรือน มีความสนใจในการนำวัตถุดิบหรือวัสดุทางการเกษตรได้แก่ กะลามะพร้าว เหง้ามันสำปะหลัง[2] หญ้าเนเปียร์ [3] เศษไม้ยางพารา ขี้เถ้าไม้ ไม้ซี้เลื่อย ช้างข้าวโพด เศษไม้ต่างๆ เป็นต้น มาผลิตเป็นเชื้อเพลิง วัสดุชีวมวลต่าง ๆ จึงเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย ไม่ต้องลงทุน [4] กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเป็นการเผาวัตถุดิบแล้วนำมาอัดเพื่อให้อยู่ในรูปแบบของถ่านอัดแท่ง หรือถ่านอัดเป็นก้อนเนื่องจากใช้สะดวก แต่ปัญหาของคุณภาพของถ่านอัดแท่งในปัจจุบันมีหลายประการ คือ มีลักษณะเปราะ มีควันระหว่างการติดไฟ ระยะเวลาในการเผาไหม้สั้น และเกิดเขม่า [5] ถ่านอัดแท่งเป็นถ่านที่ผลิตขึ้นจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหรือถ่านที่ผ่านการบดละเอียดมาแล้วโดยมีการผสมกับตัวประสานเพื่อยึดเหนี่ยวให้ถ่านจับกันเป็นก้อน เช่น แป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาล เป็นต้น [6] โดยในตัวประสานนั้นจะช่วยประสานวัสดุให้ติดกันง่ายขึ้น ลักษณะของตัวประสานที่ดีนั้นนอกจากจะต้องมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคสูงแล้วยังต้องทำให้อุณหภูมิใช้งานสูงด้วย ซึ่งตัวประสานที่มีการใช้อย่างแพร่หลายพบว่ากากน้ำตาลและแป้งเปียกเป็นตัวประสานที่ดี แต่อัตราส่วนของผงถ่านต่อตัวประสานก็มีผลต่อคุณภาพของถ่านซึ่ง อัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้ถ่านอัดแท่งมีคุณภาพดี

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะผลิตถ่านอัดแท่งจากหญ้าแฝก ประเด็นการศึกษาเป็นผลของอัตราส่วนระหว่างผงถ่านจากหญ้าแฝกต่อตัวประสานที่มีต่อสมบัติของถ่านอัดแท่ง และเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มผช. 238/2547 มาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางในการพัฒนาถ่านอัดแท่งจากวัสดุชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานทางเลือกต่อไป

## 2. วิธีการวิจัย (Methodology)

การวิจัยในครั้งนี้ใช้หญ้าแฝกชนิดพันธุ์ตอเน เมาเป็นถ่านด้วยเตาเผาถ่านแบบถัง 200 ลิตร แบบตั้งประยุกต์ เป็นถ่านจากหญ้าแฝกเป็นวัตถุดิบในการอัดแท่ง และมีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

### 2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

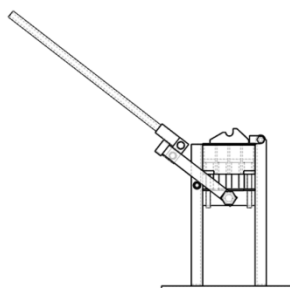
โดยเตรียมผงถ่านนำถ่านที่ได้จากการเผาหญ้าแฝกมาบด เมื่อทำการบดแล้วจึงนำมาร่อนผ่านตาข่ายไนลอน เพื่อให้ได้ผงถ่านที่ละเอียดพอที่จะนำไปขึ้นรูป ส่วนตัวประสานที่ใช้ในการผสมเพื่อขึ้นรูปถ่านอัดแท่งคือแป้งเปียกที่ได้จากการนำแป้งมันสำปะหลังผสมกับน้ำสะอาดต้มสุก โดยมีอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม ต่อน้ำสะอาด 1 ลิตร ตามลำดับ [7] ผงถ่านและแป้งเปียกที่เป็นตัวประสานแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ผงถ่านและแป้งเปียกที่เป็นตัวประสาน

### 2.2 การผสมวัตถุดิบและการอัดแท่งถ่าน

ในการผสมผงถ่านกับตัวประสาน ใช้อัตราส่วนของผงถ่านต่อตัวประสาน ใช้อัตราส่วนโดยมวลของผงถ่านต่อปริมาณของตัวประสาน (กิโลกรัมต่อลิตร) ดังนี้ 0.5 : 1, 1.0 : 1, 1.5 : 1, 2.0 : 1 และ 2.5 : 1 ตามลำดับ ในการผสมวัตถุดิบใช้ภาชนะในสำหรับการผสมวัตถุดิบ และใช้มือเปล่าในการคลุกเคล้าวัตถุดิบให้เข้ากัน การอัดแท่งถ่านกำหนดขนาดของถ่านอัดแท่งรูปทรงแบบกล่อง กว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร หนา 2 เซนติเมตรใช้เครื่องอัดถ่านแบบใช้คานโยกทกกำลัง ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 เครื่องอัดถ่านแบบใช้คานโยกทกกำลัง

การอัดแท่งโดยใช้แรงกดต่อวัตถุดิบ ทำให้เกิดการอัดแน่นพอเหมาะที่จะรวมตัวกันเป็นก้อน กระบวนการทำถ่านอัดแท่งประกอบด้วยการให้แรงดันแก่มวลของอนุภาคถ่านโดยอาจมีตัวประสานหรือไม่มีก็ได้ เพื่อให้มวลสารรวมตัวกันและเกาะกันได้ดี การทำแท่ง ใช้วิธีการผึ่งไว้ในที่ร่มที่มีอากาศถ่ายเท ผึ่งไว้จนกว่ามวลจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง การอัดแท่งและการผึ่งตัวอย่างแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 การอัดแท่งและการผึ่งตัวอย่างไว้ในที่ร่ม

2.3 การศึกษาสมบัติของถ่านอัดแท่ง และเปรียบเทียบกับสมบัติบางประการกับมาตรฐาน มผช. 238/2547

2.3.1 ค่าความหนาแน่น เป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของถ่านอัดแท่งเป็นแบบความหนาแน่นปรากฏ (Bulk Density)

2.3.2 ดัชนีการแตกร่วน (shatter index) เป็นหาความสามารถของถ่านอัดแท่งที่จะมีความทนทานระหว่างการขนส่ง การเก็บรักษา และการนำมาใช้งาน โดยวิธีทดสอบดัดแปลงจาก ASTM D-3033 [8] และหาค่าดัชนีการแตกร่วน จากสมการ

$$R = \frac{m}{m_f} \quad (1)$$

เมื่อ R แทน ดัชนีการแตกร่วน

m แทน มวลของถ่านอัดแท่งก่อนทดสอบ (กรัม)

$m_f$  แทน มวลของถ่านอัดแท่งหลังทดสอบ (กรัม)

2.3.3 ค่าความร้อน (Heating Value) ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 5865 ด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter)

2.3.4 ปริมาณความชื้น (Moisture Content) ค่าความชื้นของถ่านวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3173 โดยให้ความร้อนกับถ่าน 1 กรัม ที่อุณหภูมิ 105 – 110 องศาเซลเซียส และคำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักที่หายไป

2.3.5 ร้อยละปริมาณสารระเหย (Volatile Matter) ปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่ง ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเชื้อเพลิง ตามมาตรฐาน ASTM D3175 โดยการเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที สามารถคำนวณค่าร้อยละของปริมาณสารระเหยจากสมการ

$$\text{ร้อยละปริมาณสารระเหย (\%)} = \text{ร้อยละน้ำหนักที่หายไป (\%)} - \text{ร้อยละปริมาณความชื้น(\%)} \quad (2)$$

2.3.6 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) เป็นส่วนที่เสถียรของโครงสร้างชีวมวลหลังจากการให้ความร้อน แก่ถ่านอัดแท่งที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ซึ่งส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยธาตุคาร์บอน ซึ่งสามารถทำการ ทดสอบได้ภายใต้มาตรฐาน ASTM D3172 ปริมาณคาร์บอนคงตัวคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ร้อยละคาร์บอนคงตัว} = 100 - (\text{ร้อยละของความชื้น}) - (\text{ร้อยละของสารระเหย}) - (\text{ร้อยละของปริมาณเถ้า}) \quad (3)$$

2.3.7 ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Combustible Substance) เป็นปริมาณที่เผาไหม้ได้ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ ถ่านอัดแท่ง โดยเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง แล้วคำนวณจากสมการ

$$\text{ร้อยละของสารที่เผาไหม้ได้} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนเผา} - \text{น้ำหนักหลังเผาน้ำหนักก่อนเผา}}{\text{น้ำหนักก่อนเผา}} \times 100 \quad (4)$$

2.3.8 ปริมาณเถ้า (Ash Content) ปริมาณเถ้าในชีวมวลวิเคราะห์ได้จากน้ำหนักที่เหลืออยู่จากการเผาไหม้ชีวมวลภายใต้บรรยากาศที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง ส่วนประกอบอินทรีย์ในชีวมวลจะถูกเผาไหม้สมบูรณ์กลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ในขณะที่ส่วนประกอบอนินทรีย์ในชีวมวลจะถูกออกซิไดซ์กลายเป็นสารประกอบออกไซด์ เรียกว่า เถ้า โดยเทียบเป็นร้อยละของปริมาณเถ้าจากของตัวอย่างหลัง เผาต่อน้ำหนักตัวอย่าง

2.3.9 ประสิทธิภาพการใช้งาน (Application Efficiency) คือการศึกษาประสิทธิภาพการให้ความร้อนของถ่านอัดแท่ง โดยการนำถ่านอัดแท่งมาเป็นเชื้อเพลิงในการต้มน้ำ แล้วคำนวณจากสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้งาน} = \frac{\text{ความร้อนทั้งหมดที่น้ำได้รับ}}{\text{ความร้อนที่ได้รับจากการเผาไหม้ถ่าน}} \times 100 \quad (5)$$

หรือ

$$\mu = \frac{\Sigma mc(t_2 - t_1) + \Delta ml}{WQ} \times 100\% \quad (6)$$

เมื่อ  $\mu$  แทน ประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล (เปอร์เซ็นต์)

w แทน น้ำหนักของเชื้อเพลิงชีวมวล

Q แทน ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล (แคลอรี/กรัม)

m แทน น้ำหนักของน้ำในหม้อ (กรัม)

$\Delta m$  แทน มวลของน้ำที่หายไป (กรัม)

C แทน ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ 1 แคลอรี/กรัม-องศาเซลเซียส

L แทน ค่าความร้อนแฝงของน้ำ 540 แคลอรี/กรัม  
 $t_1$  แทน อุณหภูมิของน้ำเมื่อแรกเริ่ม (องศาเซลเซียส)  
 $t_2$  แทน อุณหภูมิของน้ำเดือด (องศาเซลเซียส)

2.3.10 การเกิดสะเก็ดไฟและการเกิดควัน ( Smoke and Fire Flakes) ในการเผาไหม้ของถ่านไม้ทั่วไปนั้นไม้อาจจะมีสะเก็ดไฟกระเด็นและอาจมีควันออกมาให้เห็น ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายในของไม้แต่ละชนิดและปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในไม้ แต่สำหรับถ่านอัดแท่งที่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน มผช.238/2547 แล้วจะต้องไม่มีสะเก็ดไฟและควันเกิดขึ้นในขณะใช้งาน ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวได้จากการตรวจพินิจ

ในการทดสอบ สมบัติของถ่านอัดแท่ง ใช้ 5 ตัวอย่างทดสอบสำหรับสมบัติทางกายภาพ ใช้ 3 ตัวอย่างทดสอบสำหรับสมบัติด้านองค์ประกอบของเชื้อเพลิง ยกเว้นประสิทธิภาพการใช้งานใช้ผลการทดสอบ 1 ตัวอย่างต่ออัตราส่วนผสม ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบนำมาวิเคราะห์ผลด้วย ANOVA และใช้ Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย เปรียบเทียบสมบัติบางประการ ได้แก่ ค่าความร้อน ความชื้น การเกิดสะเก็ดไฟและการเกิดควัน กับมาตรฐาน มผช. 238/2547 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง[9] เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการใช้งานต่อไป

### 3. ผลการวิจัย (Results)

จากการดำเนินการขึ้นรูปตัวอย่างในอัตราส่วนที่กำหนด หากส่วนผสมเคลื่อนออกมาจากแท่งอัดง่ายอย่างสม่ำเสมอ จะถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี แต่หากส่วนผสมเคลื่อนออกมามาก ไม่สม่ำเสมอจะถือว่าไม่สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ [10] ถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 2.5 : 1 ไม่สามารถขึ้นรูปได้ เนื่องจากในอัตราส่วนมีปริมาณตัวประสานน้อยเกินไปไม่สามารถจับตัวเป็นก้อนได้ หลังการอัดแท่งจึงไม่สามารถขึ้นรูปได้ สมบัติของถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนต่างๆ ได้ผลการทดลองดังนี้

#### 3.1 สมบัติทางกายภาพ

สมบัติทางกายภาพของถ่านเป็นสมบัติที่ได้หลังผ่านกระบวนการอัดแท่งก่อนการใช้งาน แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งและดัชนีการแตกร่วนของถ่านอัดแท่งจากหญ้าแฝก

อัตราส่วนของผงถ่านต่อตัวประสาน (กิโลกรัม : ลิตร)	ความหนาแน่นปรากฏ (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ดัชนีการแตกร่วน
0.5 : 1	0.63±0.04c	0.98±0.03c
1.0 : 1	0.38±0.02b	0.98±0.01c
1.5 : 1	0.33±0.01a	0.74±0.04b
2.0 : 1	0.31±0.01a	0.41±0.04a

หมายเหตุ : a b c d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับความแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ (  $p \leq 0.05$  )

จากตารางที่ 1 พบว่า อัตราส่วนของผงถ่านต่อตัวประสานที่แตกต่างกันทำให้ค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ได้นั้นมีค่าแตกต่างกัน ยกเว้นถ่านอัดแท่งอัตราส่วนผสม 1.5 : 1 และ 2.0 : 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ที่มีนัยสำคัญทาง

สถิติระดับ 0.05 ซึ่งถ่านอัดแท่งที่มีความหนาแน่นมากที่สุดได้แก่ ถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนผสม 0.5 : 1 เพราะผงถ่านในอัตราส่วนนี้มีปริมาณของตัวประสานมากกว่าอัตราส่วนอื่น ผงถ่านที่มาจากหญ้าแฝกมีมวลเบากว่าตัวประสานที่เป็นแป้งเปียก ทำให้มวลรวมของถ่านอัดแท่งมีค่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนอื่น ความหนาแน่นจึงมากที่สุด และจากงานวิจัยของอัจฉรา [ 10] ได้กล่าวไว้ว่า ถ่านชีวภาพจะมีประสิทธิภาพดีนั้น ค่าความหนาแน่นของถ่านชีวภาพนั้น ควรที่จะอยู่ระหว่าง 0.42 – 0.74 โดยถ้ามี ค่าน้อยกว่า 0.42 ถ่านชีวภาพจะมีช่องว่างภายในที่มากเกินไป ส่งผลต่อความแข็งแรงของถ่านชีวภาพ ดังนั้นจึงต้องพัฒนากระบวนการอัดถ่านให้มีคุณภาพมากกว่าเดิม ค่าความหนาแน่นมีแนวโน้มไปทางตรงกันข้ามกับดัชนีการแตกร่วน ที่ดัชนีการแตกร่วนของถ่านอัดแท่งทุกอัตราส่วนมีค่าแตกต่างกัน ยกเว้นถ่านอัดแท่งอัตราส่วนผสม 05 : 1 และ 1.0 : 1 ที่มีค่าไม่แตกต่างกัน ถ่านอัดแท่งที่มีดัชนีการแตกร่วนน้อยที่สุด คือ อัตราส่วนผสม 2.0 : 1 เพราะในอัตราส่วนผสมนี้มีปริมาณตัวประสานน้อยกว่าอัตราส่วนอื่น ๆ เมื่อเทียบกับปริมาณผงถ่าน ทำให้ผงถ่านจับตัวกันได้ไม่ดี มีความเปราะ โดยถ่านอัดแท่งที่มีค่าดัชนีการแตกร่วนอยู่ในระหว่าง 0.5 – 1.0 แสดงว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานดัชนีการแตกร่วนจึงมีค่ามากที่สุด นั่นแสดงว่า ถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนผสม 2.0 : 1 นี้มีความคงทนของถ่านอัดแท่งน้อยที่สุด

### 3.2 สมบัติด้านองค์ประกอบของเชื้อเพลิง

การทดสอบสมบัติด้านองค์ประกอบของเชื้อเพลิงจะรวมถึงประสิทธิภาพการใช้งานที่ได้จากการทดสอบโดยการนำถ่านอัดแท่งไปต้มน้ำ รวมถึงสมบัติที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ปริมาณสารระเหย ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ ปริมาณเถ้า และปริมาณคาร์บอนคงตัว ซึ่งแสดงผลการทดสอบในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าสมบัติด้านองค์ประกอบของเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากหญ้าแฝก

อัตราส่วนของ ถ่านต่อตัวประสาน (กิโลกรัม : ลิตร)	ประสิทธิภาพ การใช้งาน (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณสาร ระเหย (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณสารที่ เผาไหม้ได้ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณเถ้า (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ คาร์บอนคงตัว (เปอร์เซ็นต์)
0.5 : 1	20.15	3.81±1.47a	89.35±0.95d	10.65±0.95a	59.16±0.75a
1.0 : 1	20.62	4.46±0.18a	84.44±0.97c	15.56±0.97b	66.84±0.89b
1.5 : 1	24.25	3.99±0.07a	77.79±1.04b	22.21±1.04c	67.95±0.96b
2.0 : 1	21.48	3.27±1.50a	75.62±1.44a	24.38±1.44d	66.24±1.40b

หมายเหตุ : a b c d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับความแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ (  $p \leq 0.05$  )

จากตารางที่ 2 พบว่า อัตราส่วนที่มีประสิทธิภาพทางการใช้งานมากที่สุด คือ อัตราส่วนผสม 1.5 : 1 เนื่องจากถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนนี้มีสัดส่วนของผงถ่านต่อตัวประสานเหมาะสม ทำให้ปริมาณค่าความร้อนมากที่สุด ให้ผลการทดสอบใกล้เคียงกับถ่านชีวภาพจากต้นไมยราบยักษ์ [11] ถ่านอัดแท่งในแต่ละอัตราส่วนผสมนั้นมีปริมาณสารระเหยไม่แตกต่างกัน เนื่องจากทุกอัตราส่วนผสมมีส่วนผสมของตัวประสานในอัตราส่วนที่เท่ากัน สารระเหยที่ได้เป็นสารจากการเผาไหม้และกลายเป็นควันได้ หากมีปริมาณสารระเหยสูงจะทำให้คุณสมบัติในการติดไฟง่ายและมีควันมากเมื่อนำไปใช้งาน ถ่านอัดแท่งในแต่ละอัตราส่วนผสม มีปริมาณสารที่เผาไหม้ได้แตกต่างกัน โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยแนวโน้มของปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ของถ่านอัดแท่งมีค่าลดลงเมื่อปริมาณผงถ่านมากขึ้น จากผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนผสมที่มีปริมาณสารที่เผาไหม้ได้มากที่สุด คือ อัตราส่วนผสม 0.5 : 1 ปริมาณสารที่

เผาไหม้ได้นั้นบ่งบอกถึงองค์ประกอบโดยรวมของถ่านอัดแท่งในส่วนที่เผาไหม้ได้ ประกอบไปด้วย ความชื้น สารระเหย และคาร์บอนคงตัว ถ่านอัดแท่งในแต่ละอัตราส่วนผสม มีปริมาณเถ้าที่แตกต่างกัน ซึ่งแนวโน้มของปริมาณเถ้ามีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อถ่านอัดแท่งมีปริมาณผงถ่านมากขึ้น จากผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนผสมที่มีปริมาณเถ้ามากที่สุด คือ อัตราส่วนผสม 2.0 : 1 ถ่านอัดแท่งในแต่ละอัตราส่วนผสมมีปริมาณคาร์บอนคงตัวที่ไม่แตกต่างกันยกเว้นอัตราส่วนผสม 0.5 : 1 ซึ่งปริมาณคาร์บอนคงตัวสามารถบ่งบอกได้ถึงระยะเวลาในการมอดดับ และคุณภาพของถ่านอัดแท่ง โดยถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงจะทำให้ถ่านอัดแท่งมีคุณภาพดี เผาไหม้ได้นาน และมีค่าความร้อนสูง

### 3.3 การเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มพช.238/2547

มาตรฐาน มพช.238/2547 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ได้กำหนดเกณฑ์คุณสมบัติหลายประการของถ่านอัดแท่ง แต่งานวิจัยนี้จะเปรียบเทียบในสมบัติบางประการ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติบางประการกับมาตรฐาน มพช.238/2547

อัตราส่วนของผงถ่าน ต่อตัวประสาน (กิโลกรัม : ลิตร)	ค่าความร้อน (แคลอรีต่อกรัม)	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	การเกิดสะเก็ดไฟ	การเกิดควัน
0.5 : 1	3,910±9.19a	25.62±1.00c	ไม่มี	มี
1.0 : 1	4,861±9.19b	13.14±0.05b	ไม่มี	ไม่มี
1.5 : 1	5,335±4.95d	5.85±0.25a	ไม่มี	ไม่มี
2.0 : 1	5,190±9.19c	6.11±0.42a	เกิด	ไม่มี
มาตรฐาน มพช. 238/2547	≥ 5,000	< 8	ไม่มี	ไม่มี

หมายเหตุ : a b c d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับความแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ (  $p \leq 0.05$  )

จากการศึกษาเปรียบเทียบอัตราส่วนของผงถ่านต่อตัวประสานในสมบัติที่กำหนดตามมาตรฐาน มพช. 238/2547 พบว่า ถ่านอัดแท่งในแต่ละอัตราส่วนมีค่าความร้อนแตกต่างกัน โดยแนวโน้มของค่าความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อถ่านอัดแท่งมีปริมาณผงถ่านมากขึ้นในส่วนผสม อัตราส่วนที่มีค่าความร้อนมากที่สุดคือ อัตราส่วน 1.5 : 1 เนื่องจากมีอัตราส่วนของผงถ่านต่อตัวประสานที่เหมาะสม และมีค่ามากกว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์ [3] อัตราส่วนที่มีค่าความร้อนผ่านเกณฑ์คืออัตราส่วน 1.5 : 1 และ 2.0 : 1 ส่วนค่าปริมาณความชื้นมีแนวโน้มที่มากขึ้นตามปริมาณตัวประสานที่มากขึ้น เนื่องจากตัวประสานที่เป็นแป้งเปียกเป็นของเหลวมีผลต่อค่าความชื้นของตัวอย่าง อัตราส่วนที่มีค่าความชื้นผ่านเกณฑ์คืออัตราส่วน 1.5 : 1 และ 2.0 : 1 ส่วนการเกิดสะเก็ดไฟและการเกิดควันที่ได้จากการตรวจพิจารณาใช้งาน อัตราส่วนที่ผ่านเกณฑ์คืออัตราส่วน 1.5 : 1 และ 1.0 : 1 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าอัตราส่วนที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มพช. ทุกข้อที่ทดสอบคืออัตราส่วน 1.5 : 1



#### 4. การอภิปรายผลและสรุป (Discussion and Conclusion)

การผลิตถ่านอัดแท่งโดยใช้อัตราส่วนของผงถ่านจากหญ้าแฝกต่อตัวประสานแป้งมันสำปะหลัง ถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 2.5 : 1 ไม่สามารถขึ้นรูปได้ เนื่องจากในอัตราส่วนมีปริมาณตัวประสานน้อยเกินไป การขึ้นรูปตัวอย่างของอัตราส่วนผงถ่านต่อตัวประสานที่ไม่เหมาะสมทำให้ก้อนถ่านไม่สามารถจับตัวกันได้ อัตราส่วนของผงถ่านต่อตัวประสานมีผลต่อความหนาแน่นและดัชนีการแตกร่วนของถ่านอัดแท่ง โดยสัดส่วนของผงถ่านที่มากขึ้นทำให้ความหนาแน่นลดลงแต่ทำให้ดัชนีการแตกร่วนมากขึ้น

ประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งเป็นไปตามค่าความร้อน ปริมาณสารระเหยทุกอัตราส่วนไม่แตกต่างกัน ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณผงถ่านที่มากขึ้น ส่วนปริมาณเถ้ามีแนวโน้ม เพิ่มขึ้น ปริมาณคาร์บอนคงตัวไม่แตกต่างกันยกเว้นอัตราส่วน 0.5 : 1 ที่น้อยกว่าอัตราส่วนอื่นๆ

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากหญ้าแฝกกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัด พบว่า อัตราส่วนที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือ อัตราส่วน 1.5 : 1 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ถ่านอัดแท่งจากหญ้าแฝกที่มีอัตราส่วนผสมของผงถ่านต่อปริมาตรของตัวประสานที่เหมาะสม สามารถผลิตเป็นถ่านอัดแท่งเพื่อใช้งานได้จัดเป็นพลังงานทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

#### 5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

#### 6. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] รจนา จันทราสา. การออกแบบผลิตภัณฑ์หัตถกรรมหญ้าแฝก. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2558.
- [2] รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล. การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเห้งมันสำปะหลัง. [วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ; 2553.
- [3] ศุภชัย ธรรมศิริทรัพย์ และภูมิพัฒน์ ภาชนะ. การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติครั้งที่ 6 วันที่ 28-29 เมษายน 2558. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. (2558). หน้า 502-512.
- [4] ทิพย์วรรณ ช่วยทอง ธเนศ ไชยชนะ และศุภลักษณ์ อ้าลอย. สมบัติของถ่านจากเปลือกหมาก. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 2557; 17(3) : 68 - 75.
- [5] กรมวิทยาศาสตร์บริการ. การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุทางการเกษตร [อินเทอร์เน็ต]. 2555. [เข้าถึงเมื่อ 2560 กันยายน 10]. เข้าถึงได้จาก <http://www.clinictech.most.go.th/online/pages>.
- [6] ชารินี มหายศนันท์. การออกแบบและเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งสำหรับการผลิตในระดับครัวเรือน. [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2548.
- [7] ลักขมี สุทธิวิไลรัตน์ ประภัสสร ภาคอรธ และขวัญฤดี สีทธีรสอาด. การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุชีวมวล [อินเทอร์เน็ต]. 2552. [เข้าถึงเมื่อ 2560 กันยายน 15]. เข้าถึงได้จาก <http://forprod.forest.go.th/forprod/ebook/Research18/02.pdf>.

- [8] จุติพร อินทะนิน. การศึกษาสมบัติของเถ้าลอยจากกระบวนการแปรรูปแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นปูนขาวเพื่อนำไปทำเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่ง. [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2552.
- [9] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง มผช 238-2547. 2547. [เข้าถึงเมื่อ 2560 สิงหาคม 2]. เข้าถึงได้จาก [http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps238\\_47.pdf](http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps238_47.pdf).
- [10] อัจฉรา อัครจุฑิกลชัย. การนำเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดมาใช้ในรูปแบบเชื้อเพลิงอัดแท่ง. [วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต] กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยมหิดล. 2554.
- [11] ปานใจ สือประเสริฐสิทธิ์ ณฑล สารศาสตร์บัญชา และอิทธิพล ยะโส. การผลิตถ่านชีวภาพจากต้นไมยราบยักษ์. ใน ปรีชา ประเทพา และวรพล เองวานิช, บรรณาธิการ. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัยครั้งที่ 9; 12-13 กันยายน 2556. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. มหาสารคาม : 2556. หน้า 410-418.