การผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตรและครัวเรือน

THE PRODUCTION OF FUEL BRIQUETTES FROM BIO-AGRICULTURAL WASTES AND HOUSEHOLD WASTES

*นฤภัทร ตั้งมั่นคงวรกูล**

Naruephat Tangmankongworakoon*

สำนักนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Innovative Learning Center, Srinakharinwirot University, Thailand.

***Corresponding author, E-mail:** naruephat@g.swu.ac.th*

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีวัตถุดิบหลายชนิดที่สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานชีวมวลโดยทั่วไป สามารถหาได้จากพืชและสัตว์ ตัวอย่างเช่น ไม้ ฟืน แกลบ ต้นอ้อย ซังข้าวโพด ต้นข้าวโพด และมูลสัตว์ต่างๆ รวมไปถึงของเสียจากโรงงานแปรรูปทางการเกษตรและขยะ เช่น ขยะในชุมชน ขี้เลื่อย เป็นต้น การนำขยะเหล่านี้มาทำการแปรรูปเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนทั้งในครัวเรือนและอุตสาหกรรม โดยกระบวนการแปรรูปชีวมวลหรือของเหลือใช้ ต้องผ่านกระบวนทางกายภาพ ได้แก่ การสับย่อย อัด และทำให้แห้ง ส่วนกระบวนการทางความร้อนและเคมี เช่น การเพิ่มคาร์บอน (Carbonization) การทำให้เป็นของเหลว (Liquefaction) การแปรสภาพเป็นแก๊ส (gasification) และการแยกสลายด้วยความร้อน (Pyrolysis) และกระบวนการทางชีวภาพ ได้แก่ การหมัก แต่กรรมวิธีในการจะนำของเหลือใช้ทางการเกษตร และทางครัวเรือน มาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิง จะต้องมีการประเมินคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงอันได้แก่ ค่าความร้อน ปริมาณสารระเหย เถ้า ความชื้น คาร์บอนคงตัว และต้องมีการประเมินการคัดเลือกรูปแบบขั้นตอนและเครื่องมือที่ต้องใช้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิง และการนำไปใช้ประโยชน์ โดยพบว่าในประเทศไทยมีปริมาณของที่เหลือใช้จากภาคครัวเรือน และภาคเกษตรกรรมในปริมาณที่แตกต่างกันตามลักษณะชนิดของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ดังนั้นขั้นตอนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงในแต่ละพื้นที่จึงแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นกับความหนาแน่น และความชื้นของการจับตัวกันของเนื้อวัสดุเหลือใช้ นอกจากนี้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการผลิตแท่งเชื้อเพลิงที่นำของเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรมเกษตรและครัวเรือนเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงให้ได้คุณภาพตามมาตรฐาน ซึ่งแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากของเหลือจากอุตสาหกรรมเกษตรและครัวเรือนก่อให้เกิดผลดีในด้านการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเป็นทางเลือกของพลังงานทดแทนที่ดีทางหนึ่งของประเทศไทยได้อีกด้วย

คำสำคัญ: แท่งเชื้อเพลิง ถ่านอัดแท่ง วัสดุเหลือใช้ ชีวมวล

Abstract

At present, there are several types of materials that can be used as biomass energy sources in Thailand. They can be found from both plants and animals such as wood, firewood, rice hulls, sugarcane, corncobs, corn plants, dung (e.g. cow dung, pig dung), and wastes from agricultural processing plants and rubbish (e.g. garbage, sawdust.) To convert these wastes into fuel sources by means of biomass processes, it needs to be done through physical processes (i.e. chopping, compression, and dehydration), thermal and chemical processes (i.e. carbonization, liquefaction, gasification, and pyrolysis), and biological processes (i.e. fermentation.) Before producing fuel briquettes from agricultural wastes and household wastes, fuel characteristics (heating value, volatile matters, moisture content, and fixed carbon), the selection of procedures and equipment for a fuel briquette production, and how to utilise the fuel briquettes need to be evaluated respectively. Types and amounts of wastes from agricultural sectors and households vary from one area to another. The process of making fuel briquettes from each area is based on the density and the moisture of the briquette textures. Many studies have been conducted to find suitable methods for producing the industry-standard fuel briquettes from household wastes and those from agro-industry. The production of fuel briquettes from waste materials not only reduces the amount of unused wastes, but it can be used as a good alternative source of energy for the country as well.

Keywords: briquettes, charcoal, unused wastes, biomass

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศเป็นหลัก โดยจากข้อมูลในปี พ.ศ. 2554 พบว่ากว่าร้อยละ 60 ของความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น มาจากการนำเข้า และยังมีแนวโน้มจะสูงขึ้นอีกเพราะไม่สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตในประเทศ ได้ทันกับความต้องการใช้งาน สำหรับภาพรวมการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิดในปี พ.ศ. 2555 นั้น กลุ่มเบนซิน การใช้เฉลี่ยอยู่ที่ 20.8 ล้านลิตรต่อวัน เพิ่มขึ้น 3.5% ดีเซล 55.8 ล้านลิตรต่อวัน เพิ่มขึ้น 6.2% ขณะที่การใช้แอลพีจี (แก๊สปิโตรเลียมเหลว) 6.05 แสนตันต่อเดือน เพิ่มขึ้น 11% จะเห็นได้ว่าโดยการใช้เชื้อเพลิงพลังงานเพื่อการหุงต้มในครัวเรือน โดยเฉพาะในชนบทที่ยังนิยมใช้ฟืนแทนถ่านในการหุงต้ม คิดเป็น 16.7% เทียบกับการใช้พลังงานอื่นๆ ซึ่งพื้นที่ป่าไม้เป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับฟืนและถ่านลดลงเหลือเพียง 25.6 % นั่นหมายถึงจำนวนป่าไม้ที่ถูกทำลายยิ่งสูงขึ้น และถึงแม้ว่าจะใช้แอลพีจี (แก๊สปิโตรเลียมเหลว) เป็นพลังงานเพื่อการหุงต้มในครัวเรือน แต่ แอลพีจี ต้องใช้เงินอุดหนุนจำนวนมากในการนำเข้ามาจำหน่าย เพราะไทยผลิตได้ไม่เพียงพอ อีกทั้งก๊าซธรรมชาติเหล่านี้ก็ต้องหมดไป [1] ดังนั้นการนำพลังงานทดแทนมาใช้ให้เกิดประโยชน์ซึ่งถือเป็นสิ่งจำเป็นและเร่งด่วน การหาแหล่งพลังงานทดแทนที่ประเทศไทยสามารถผลิตได้เอง จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยบรรเทาปัญหาดังกล่าว แนวทางหนึ่งที่มีผู้ให้ความสนใจเป็นจำนวนมากเนื่องจากเหมาะสมกับประเทศไทย คือการนำวัสดุชีวมวลและของเหลือใช้จาก ภาคครัวเรือน ภาคการเกษตร และภาคอุตสาหกรรมมาแปรรูปให้เป็นเชื้อเพลิงซึ่งนอกจาก

จะได้พลังงานทดแทนที่นำไปใช้งานในรูปแบบต่างๆ แล้ว ยังช่วยลดปริมาณของเหลือใช้ที่ต้องกำจัดให้เหลือน้อยลงอีกด้วย โดยกระบวนการที่นำมาใช้แปรรูปชีวมวลหรือของเสียให้เป็นเชื้อเพลิงในปัจจุบัน มีทั้งที่เป็นกระบวนการทางกายภาพ ทางเคมี ทางความร้อน และทางชีวภาพ ส่วนเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ก็มีทั้งที่อยู่ในรูปของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้ทั้งในภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และการขนส่ง [2]

ประเภทของแท่งเชื้อเพลิง [3]

แท่งเชื้อเพลิงที่มีการผลิตขึ้นในปัจจุบัน มี 2 ประเภทคือ

1. ถ่านอัดแท่ง คือการใช้สารชีวมวลผสมกับถ่านหินในอัตราส่วนต่างๆ นำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงร่วมกัน โดยนำมาเผาจนเป็นถ่านแล้วมาอัดเป็นแท่งหรืออาจนำแท่งเชื้อเพลิงที่อัดเป็นแท่งแล้วมาเผาให้เป็นแท่งถ่าน

2. แท่งเชื้อเพลิงเขียวเป็นการนำชีวมวลมาอัดแท่งแล้วนำไปใช้งานได้โดยตรง ไม่ต้องมีขั้นตอนการเผาเหมือนเช่นถ่านอัดแท่งตัวอย่างของแท่งเชื้อเพลิงเขียวแบบต่างๆ แสดงดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 เชื้อเพลิงเขียวชนิดอัดเป็นท่อน (ซ้าย) และอัดเป็นเม็ด (ขวา)

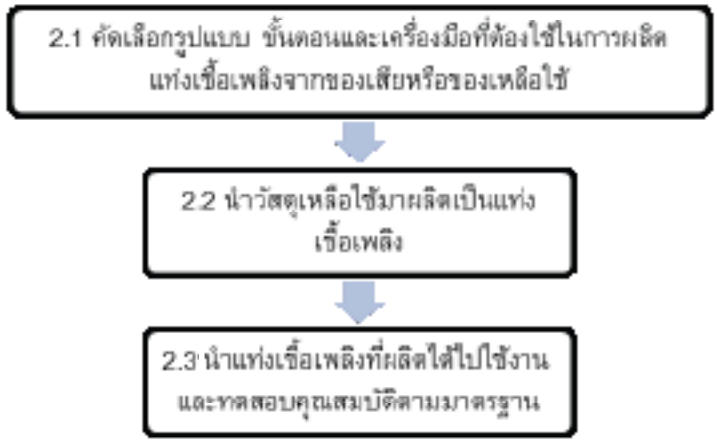
ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555). *คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน.* หน้า 12.

การศึกษาเกณฑ์คุณสมบัติและขั้นตอนการเลือกวัสดุเหลือใช้ที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง [4]

1. ศึกษาวัสดุเหลือใช้ เมื่อนำมาผ่านกระบวนการอัดแท่งแล้วนอกจากจะต้องมีค่าความร้อนสูงแล้วยังต้องมีองค์ประกอบที่เป็นส่วนที่เผาไหม้ได้ (Combustible Substance) โดยเฉพาะคาร์บอนคงตัวในปริมาณสูงแต่มีองค์ประกอบที่เผาไหม้ไม่ได้หรือเถ้าและความชื้นในปริมาณที่ต่ำ ซึ่งได้แสดงเกณฑ์ตามคู่มือกรมโรงงานอุตสาหกรรมไว้ดังนี้

- ค่าความร้อน ไม่ควรต่ำกว่า 3,000 กิโลแคลอรี่/วัน
- คาร์บอนคงตัว ไม่ควรต่ำกว่า 15%
- เถ้า (Ash) ไม่ควรต่ำกว่า 20%
- กำมะถันรวม (Total Sulfur) 2%

2. ประเมินความเหมาะสมที่จะนำของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ใดมาผสมกันผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงโดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้



2.1 คัดเลือกรูปแบบขั้นตอนและเครื่องมือ ที่ต้องใช้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ โดยต้องพิจารณาจากความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุเหลือใช้ก่อนที่จะนำไปอัดแท่งเชื้อเพลิงหรือไม่ ดังแสดงในตารางที่ 1 และกระบวนการอัดแท่งที่เหมาะสมกับลักษณะวัสดุเหลือใช้แสดงในตารางที่ 2 รวมทั้งรูปแบบและวิธีการอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงด้วยเครื่องอัดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงรูปแบบและวิธีการปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุเหลือใช้

	ลักษณะของวัสดุเหลือใช้	**รูปแบบและวิธีดำเนินงาน**
	มีความชื้นสูง (เกินกว่า 30%)	ตากแห้งหรืออบแห้งก่อนนำไปอัดแท่ง และเมื่ออัดเป็นแท่งแล้วนำไปตากแดดเพื่อลดความชื้นอีกครั้ง
การปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุเหลือใช้	มีขนาดใหญ่เกินกว่าอุปกรณ์ที่จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง เช่น มีขนาดใหญ่กว่าช่องหรือตะกรับที่ใช้ป้อนเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้ และไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น เปลือกสับปะรด เมล็ดเงาะ ฯลฯ	บดย่อยของเสียก่อนแล้วกวนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน
	วัสดุเหลือใช้มีค่าความร้อนน้อย แต่ต้องการแท่งเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูง เช่น วัสดุเหลือใช้มีค่าความร้อน 3,000 กิโลแคลลอรี่/กิโลกรัม แต่ต้องการแท่งเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อน 3,500กิโลแคลลอรี่/กิโลกรัม	นำวัสดุอื่นที่มีค่าความร้อนสูงกว่า 3,500 กิโลแคลลอรี่/กิโลกรัม มาผสม (Blending) กับของเสียก่อนอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555). *คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน.* หน้า 25.

ตารางที่ 2 แสดงรูปแบบและวิธีการอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงด้วยเครื่องอัด

	ลักษณะของวัสดุเหลือใช้	รูปแบบและวิธีดำเนินงาน
การอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงด้วยเครื่องอัด	เนื้อวัสดุเหลือใช้สามารถจับตัวเป็นก้อนได้ดีเมื่อใช้มือบีบ	ควรใช้กระบวนการอัดแบบอัดเย็น
	เนื้อวัสดุเหลือใช้จะเกิดการยึดและจับตัวดีเมื่อได้รับความร้อน	ควรใช้กระบวนการอัดแบบอัดร้อน
	วัสดุเหลือใช้ร่วนไม่จับเป็นก้อน	ผสมวัสดุเหลือใช้กับตัวประสาน เช่น แป้งมัน กากน้ำตาล หากหลังผสมวัสดุเหลือใช้มีการจับตัวได้ดีขึ้นจึงใช้กระบวนการอัดแบบเย็น

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555*). คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน.* หน้า 25.

2.2 การนำวัสดุเหลือใช้มาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิง

- ทำการศึกษาหาสูตรผสมวัสดุเหลือใช้โดยเลือกรูปแบบตามลักษณะของวัสดุเช่น ถ้าวัสดุเหลือใช้ร่วนไม่จับเป็นก้อนก็ควรเติมตัวประสาน เช่น แป้งมันหรือกากน้ำตาลในอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้จับตัวได้ดี หรือถ้าวัสดุเหลือใช้มีค่าความร้อนต่ำอาจจะนำวัสดุอื่นที่มีค่าความร้อนสูงกว่ามาผสม (Blending) กับของเสียก่อนเพื่อให้ได้แท่งเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูงเพิ่มขึ้นตามต้องการ

- เมื่อได้ส่วนผสมในอัตราส่วนต่างๆ แล้วจึงนำของเสียและวัสดุผสมต่างๆ มาทำการผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงดังต่อไปนี้

1. ชั่งส่วนผสมตามสูตรต่างๆ ที่กำหนด
2. ผสมส่วนผสมให้เข้ากัน
3. นำส่วนผสมเข้าเครื่องอัดแท่ง
4. ตากแห้งแท่งเชื้อเพลิง

2.3 หาสมรรถนะการใช้งานของแท่งเชื้อเพลิง

- นำแท่งเชื้อเพลิงที่ได้ในอัตราส่วนผสมต่างๆ นำไปวิเคราะห์ด้านเชื้อเพลิงตามการศึกษาเกณฑ์คุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงโดยการหาค่าความร้อน ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ ปริมาณเถ้าและปริมาณความชื้น

- นำแท่งเชื้อเพลิงที่ได้ไปใช้แทนถ่าน ดูระยะเวลาในการเผาไหม้ และปริมาณควัน

คุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของแท่งเชื้อเพลิง

โดยกระบวนการแปรรูปชีวมวลหรือของเหลือใช้ที่มีลักษณะเป็นเส้นใย ต้องผ่านกระบวนทางกายภาพ ได้แก่ การสับย่อย อัด และทำให้แห้ง ส่วนกระบวนการทางความร้อนและเคมี ได้แก่ การเพิ่มคาร์บอน (Carbonization) การทำให้เป็นของเหลว (Liquefaction) การแปรสภาพเป็นแก๊ส (Gasification) และการแยกสลายด้วยความร้อน (Pyrolysis) และกระบวนการทางชีวภาพ ได้แก่ การหมัก [5]

- ค่าความร้อน (Calorimetric Value or Heating Value) คือ ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อของเสียถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ หรือเรียกว่าความร้อนของการเผาไหม้ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ค่าความร้อนสูงและค่าความร้อนต่ำ มีหน่วยเป็นกิโลจูล (kJ) หรือ กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัมของเสีย (kcal/kg)

1. ค่าความร้อนสูง (High Heating Value, HHV) เป็นปริมาณความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของเสีย ซึ่งรวมถึงปริมาณความร้อนแฝง

ที่ถูกปลดปล่อยออกมาเมื่อไอน้ำที่เกิดจากการเผาไหม้น้ำที่เป็นองค์ประกอบของของเสียเกิดการควบแน่น

2. ค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value, LHV) เป็นค่าความร้อนจากการเผาไหม้ของเสียที่ไม่รวมค่าความร้อนแฝง

ค่าความร้อนสูงและค่าความร้อนต่ำที่ตรวจวัดได้ในของเสียชนิดหนึ่งจะแตกต่างกันเสมอ โดยค่าความแตกต่างขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำหรือความชื้นที่อยู่ในของเสีย ดังนั้น ในกรณีของเสียมีความชื้นมากๆ อาจใช้วิธีการตากแดดหรือผึ่งลมเพื่อลดความชื้นในของเสีย แล้วตรวจวัดเฉพาะค่าความร้อนสูงก็ได้ เนื่องจากในระหว่างการผลิตเชื้อเพลิงแท่งนั้น กระบวนการอัด และการตากแห้งแท่งเชื้อเพลิงก่อนนำไปใช้ จะทำให้น้ำในของเสียถูกกำจัดออกไปบางส่วน และคงเหลือในแท่งเชื้อเพลิงอีกบางส่วน

- ปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile Matters) คือ องค์ประกอบในของเสียที่สามารถระเหยได้เมื่อได้รับความร้อน ของเสียที่มีปริมาณสารระเหยได้สูง จะมีแนวโน้มที่มีค่าความร้อนสูงด้วย อย่างไรก็ตาม สารที่ระเหยได้บางชนิดอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อวัสดุหรืออุปกรณ์ที่นำวัสดุเชื้อเพลิงไปใช้งาน เช่น สารอัลคาไลน์ในทะลายปาล์มจะกลายเป็นยางเหนียวเกาะติดท่อน้ำในห้องเผาไหม้ทำให้ประสิทธิภาพของหม้อน้ำลดลง

- ปริมาณความชื้น (Moisture Content) คือ ปริมาณน้ำที่คงเหลืออยู่หลังจากที่ตากแห้งของเสีย ความชื้นของของเสียมีผลต่อค่าความร้อนโดยตรง โดยหากของเสียมีความชื้นมากจะทำให้มีการสูญเสียความร้อนไปกับการระเหยความชื้นในระหว่างการเผาไหม้ ทำให้ค่าความร้อนที่ได้ต่ำลง

- ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) คือ ปริมาณสารประกอบคาร์บอนซึ่งระเหยได้ยาก โดยจะคงเหลืออยู่ในของเสียหลังจากที่เผาสารระเหยออกไปแล้วที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ของเสียที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงจึงมีช่วงเวลาในการลุกไหม้นาน

- กำมะถันรวม (Total Sulfur) เมื่อกำมะถันทำปฏิกิริยาสันดาปกับออกซิเจนจะกลายเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ดังนั้นหากของเสียที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณมากจึงไม่เหมาะจะเป็นเชื้อเพลิงเนื่องจากจะเกิดมวลสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผาไหม้ในปริมาณมากด้วย

- เถ้า (Ash) คือ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาป ภายในเตาเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วย ซิลิกาแคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ หรือเป็นส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้นั่นเอง ดังนั้น หากของเสียมีขี้เถ้าปริมาณมากจะเป็นปัญหาในการเผาไหม้และเพิ่มความยุ่งยากในการกำจัดเถ้าที่เกิดขึ้น

การทำแท่งเชื้อเพลิงจากสิ่งเหลือใช้ทางอุตสาหกรรมการเกษตรและครัวเรือน

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่น ข้าว น้ำตาล ยางพารา น้ำมันปาล์ม และมันสำปะหลัง เป็นต้น ผลผลิตส่วนหนึ่งส่งออกไปยังต่างประเทศมีมูลค่าปีละหลายพันล้านบาท อย่างไรก็ตาม ในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรเหล่านี้จะมีวัสดุเหลือใช้ออกมาจำนวนหนึ่งด้วย ปริมาณชีวมวลที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ จะแปรผันและขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิต ทางการเกษตรของประเทศ ซึ่งจากสถิติการเกษตรของประเทศไทย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและสหกรณ์ ในปีเพาะปลูก พ.ศ. 2551/52 ดังในตารางที่ 3 เพื่อประมาณปริมาณชีวมวลที่ผลิตได้รวมทั้งประเทศในปี พ.ศ. 2551/52 [6]

ตารางที่ 3 รายละเอียดพื้นที่ปลูก ผลผลิตพืชหลัก และไม้ยางพารา ปี พ.ศ. 2551 และ 2552 (หน่วย: พันไร่ / พันตัน)

ชนิด	พ.ศ. 2551		พ.ศ. 2552	
	พื้นที่เก็บเกี่ยว	ผลผลิต	พื้นที่เก็บเกี่ยว	ผลผลิต
อ้อย	6,588	73,502	6,023	66,816
ข้าว	66,772	31,651	68,519	31,508
ข้าวโพด	6,518	4,249	6,905	4,616
ปาล์มน้ำมัน	2,885	9,271	3,189	8,162
มันสำปะหลัง	7,397	25,156	8,584	30,088
ไม้ยางพารา	11,372	3,166	11,600	3,090

ที่มา: Biomass Energy in Asia. (1999). *A Study on Selected Technologies and Policy Options, December* โดย กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. [7]

สำหรับศักยภาพของการผลิตชีวมวลในประเทศไทยจะประเมินจากผลคูณของปริมาณผลผลิตทางการเกษตรที่ก่อให้เกิดชีวมวลนั้นๆ กับสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตเป็นปริมาณชีวมวล ดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าประเทศไทยมีศักยภาพอย่างมากในการผลิตพลังงานจากของเหลือใช้จากการเกษตร ทั้งนี้ยังไม่รวมถึง การนำพลังงานจากผลิตภัณฑ์ทางเกษตรอื่นๆ เช่น ผักตบชวา สบู่ดำ ไมยราบยักษ์ เศษวัชพืช เป็นต้น ซึ่งมีผู้คิดค้นวิจัยจำนวนมากที่นำผลิตภัณฑ์การเกษตรเหล่านี้มาใช้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลในแต่ละท้องถิ่นอีกด้วย

ตารางที่ 4 ปริมาณแสดงศักยภาพชีวมวลเชิงพื้นที่ของประเทศไทยปี พ.ศ. 2552

ชนิด	ผลผลิต (ตัน)	ชีวมวล	ปริมาณชีวมวลเหลือใช้(ตัน)	ค่าความร้อน (MJ/kg)	ศักยภาพพลังงาน (TJ)	(ktoe)
อ้อย	66,816,446	ชานอ้อย	4,190,794.31	14.40	60,347.44	1,428.54
		ยอดและใบ	13,439,727.21	17.39	233,716.86	5,532.52
ข้าว	31,508,364	แกลบ	3,510,598.90	14.27	50,096.25	1,185.87
		ฟางข้าว	25,646,547.96	10.24	262,620.65	6,216.73
ถั่วเหลือง	190,480	ต้น/เปลือก/ใบ	170,383.17	19.44	3,312.35	78.41
ข้าวโพด	4,616,119	ซัง	584,539.15	18.04	10,545.09	249.62
		ลำต้น	2,758,777.36	18.04	49,768.34	1,178.11
ปาล์มน้ำมัน	8,162,379	ทะลายเปล่า	1,024,868.34	17.86	18,304.15	433.29
		ใย	162,970.06	17.62	2,871.53	67.97
		กะลา	38,959.04	18.46	719.18	17.02
		ก้าน	2,203,740	9.83	21,824.24	516.62
มันสำปะหลัง	30,088,025	ลำต้น	2,439,236.19	18.42	44,930.73	1,063.60
		เหง้า	1,834,466.88	18.42	33,790.88	799.89
		ก้าน	628990.82	15.40	9686.46	229.30
มะพร้าว	1,380,980	กาบ	464250.95	16.23	7534.79	178.36
		กะลา	128936.58	17.93	2311.83	54.73
ไม้ยางพารา	3,090,280	กิ่ง/ก้าน	312,118.28	14.98	4,675.53	110.68
รวม	145,853,073		59,539,905.20		504,339.40	11,938.67

ที่มา: สถิติการเกษตรของประเทศไทย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและสหกรณ์ 2551/52. [8]

ชีวมวลแต่ละชนิดมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป บางชนิดไม่เหมาะที่จะนำมาเผาไหม้โดยตรงเพื่อผลิตไฟฟ้า เช่น กากมันสำปะหลัง และส่าเหล้า เพราะมีความชื้นสูงถึง 80-90% บางชนิดต้องนำมาย่อยก่อนนำไปเผาไหม้ เช่น เศษไม้ ยางพารา เป็นต้น

เทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

การผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น เหง้ามันหรือเศษมันสำปะหลัง ชานอ้อย ซังข้าวโพด ไม้ทั้งประเภทเนื้อแข็ง เนื้ออ่อน หรือขี้เลื่อย เป็นต้น โดยกรรมวิธีการผลิตทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศมีลักษณะและรูปแบบของกระบวนการในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงคล้ายๆ กันจะต่างกันที่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เอามาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิง โดยกรรมวิธีการผลิตแท่งเชื้อเพลิง คือการนำเอาวัตถุดิบที่ใช้นำมาผ่านกระบวนการย่อยและลดความชื้นลง หลังจากนั้นนำมาอัดเป็นแท่งและลดอุณหภูมิก่อนเก็บเข้าไซโล โดยจะสามารถรักษาความชื้นอยู่ระหว่าง 8-10% ซึ่งข้อดีของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง คือสะดวกแก่การขนส่ง พลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ประมาณ 4.8 เมกะวัตต์ต่อตัน (MWh/ton) หรือประมาณ 17 ล้านบีทียู/ตัน (BTU/ton) มีขี้เถ้าน้อย ค่ามลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้เวลานำมาใช้น้อยกว่าถ่านหินถึง 20 เท่า ซึ่งถือว่ามีปริมาณน้อยมาก จึงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้เป็นที่สนใจอย่างมากในอุตสาหกรรมภาคการผลิตทั้งในและต่างประเทศ เช่น เกาหลี ญี่ปุ่น และจีน โดยภาคอุตสาหกรรมนำไปใช้ในงานเป็นเชื้อเพลิงใน Boiler เพื่อผลิตไอน้ำ หรือใช้ในเตาเผา (Stove) [9]

เทคโนโลยีที่มีการดำเนินงานในปัจจุบัน ได้แก่

กระบวนการเผาไหม้ (Combustion) เป็นการนำชีวมวลหรือของเสียมาเผาโดยตรง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นก๊าซร้อนที่มีความร้อนตามค่าความร้อนของชีวมวลหรือของเสียที่นำมาเผา โดยก๊าซร้อนที่ได้สามารถนำไปใช้ผลิตไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูง ไอน้ำนี้จะถูกนำไปขับกังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไป

- กระบวนการเผาไหม้ในสภาพไร้ออกซิเจน (Pyrolysis) เป็นการสลายวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบของคาร์บอน โดยไม่เกิดการออกซิไดซ์ซึ่งชีวมวลที่ใช้ในกระบวนการนี้ คือ พืชที่มีเซลลูโลส หรือไม้ยืนต้นต่างๆ เศษไม้ ฟาง ฯลฯ วิธีในการแปรรูปชีวมวลไปเป็นพลังงานเริ่มจากการลำเลียงและการทำให้ชีวมวลแห้ง เมื่อชีวมวลแห้งดีแล้วจึงนำไปหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำไปใส่ในส่วนที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาไพโรลิซิสที่อุณหภูมิ 500-600 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกนำไปแยกส่วนที่เป็นของแข็งและเถ้าออกจากของเหลว จากนั้นจึงนำส่วนที่เป็นของเหลวไปเก็บไว้ในถังเก็บซึ่งความร้อนที่ใช้ในปฏิกิริยาไพโรลิซิสเป็นความร้อนแบบทางตรงและทางอ้อม ความร้อนทางตรงคือการใช้ลมร้อนจากเหล็ก ส่วนความร้อนทางอ้อม หมายถึงการให้ความร้อนภายนอก ได้แก่ การเผาด้วยก๊าซ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาไพโรลิซิสจะเป็นของผสมระหว่างก๊าซ ของเหลวและถ่าน ซึ่งสัดส่วนของก๊าซ ของเหลวและถ่านนั้นจะขึ้นอยู่กับวิธีและรูปแบบของปฏิกิริยาไพโรลิซิส และปัจจัยต่างๆ

- กระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Gasification Process) เป็นกระบวนการเปลี่ยนชีวมวลหรือของเสียให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงด้วยปฏิกิริยาเคมีชนิดที่มีความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้อง ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ กระบวนการอบแห้ง กระบวนการไพโรไลซิส กระบวนการเผาไหม้ และกระบวนการรีดักชัน ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้ประกอบด้วยก๊าซที่สามารถเผาไหม้ได้ (Combustible Gases) ได้แก่ มีเทน (CH_4) ไฮโดรเจน (H_2) และคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ส่วนก๊าซที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ (Noncombustible Gases) ได้แก่ ไนโตรเจน (N_2) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยภาพรวมของกระบวนการการให้ความร้อน ปฏิกิริยาเคมี ที่ใช้ในการแปรรูปวัสดุเหลือใช้เป็นเชื้อเพลิง สรุปดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 กระบวนการทางความร้อนและเคมีที่ใช้แปรรูปวัสดุเหลือใช้เป็นเชื้อเพลิง

กระบวนการ	ปฏิกิริยาเคมี/ความร้อน	เชื้อเพลิงที่ได้
การเผาไหม้ (Combustion)	ออกซิเดชัน (Complete Oxidation	ก๊าซร้อน
การเผาไหม้ในสภาพไร้ออกซิเจน (Pyrolysis)	ไม่ใช้ออกซิเจน (No Oxygen)	ไบโอออยล์ (Bio-oil)
การผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Gasification)	ออกซิเดชันแบบบางส่วน (Partial Oxidation)	ก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซมีเทน

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555). *คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน.* หน้า 6. [10]

กรรมวิธีการอัดแท่งเชื้อเพลิง

จำแนกตามกระบวนการขึ้นรูปได้เป็น 2 ลักษณะ คือ กระบวนการอัดร้อน และกระบวนการอัดเย็น [11]

- กระบวนการอัดร้อน (Hot Press Process)

เป็นการอัดวัสดุโดยให้ความร้อนตลอดเวลาที่ทำการอัด โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 350 องศาเซลเซียสเหมาะสมกับวัสดุที่เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดสารเคมีอินทรีย์ที่ช่วยยึดเนื้อวัสดุเข้าหากัน จึงทำให้สามารถยึดเกาะขึ้นรูปเป็นแท่งได้โดยที่ไม่ต้องใช้ตัวประสาน ตัวอย่างวัสดุที่สามารถนำมาทำเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยกระบวนการอัดร้อน คือวัสดุเศษเหลือทางการเกษตร (แกลบ ขี้เลื้อย ยอดอ้อย ฟางข้าว เปลือกผลไม้ ซังข้าวโพด ชานอ้อย ฯลฯ) วัชพืชบกและน้ำ และผลผลิตทางการเกษตรโดยเฉพาะพืชที่มีแป้งและน้ำตาล (ข้าวโพด มันสำปะหลัง อ้อย ข้าวฟ่าง ฯลฯ)

- กระบวนการอัดเย็น (Cold Press Process)

เหมาะสำหรับวัสดุที่ไม่มีคุณสมบัติในการจับตัวได้ด้วยความร้อน มี 2 วิธี คือ

1. การอัดเย็นชนิดเติมตัวประสาน เป็นการอัดเย็นที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปเนื่องจากเครื่องมือและวิธีการที่ง่าย และใช้พลังงานต่ำ ใช้วัสดุมาผสมกับตัวประสาน โดยทั่วไปจะเป็นแป้งมันสำปะหลัง หากวัสดุใดมีขนาดใหญ่ เช่นกะลามะพร้าว ต้องมีเครื่องบดให้ละเอียดก่อนแล้วจึงนำมาผสมกับแป้งมันและน้ำในอัตราส่วนตามที่ต้องการการอัดเย็นด้วยแรงอัดสูง

2. การอัดเย็นระบบใหม่ที่ไม่ต้องใช้ตัวประสาน แต่จะใช้แรงดันในการอัดสูงกว่าปกติอย่างมากเพื่อให้โมเลกุลของวัสดุเกิดการอัดตัวแน่นจนจับตัวเป็นก้อนได้ ซึ่งการอัดเย็นประเภทนี้จะใช้มอเตอร์ที่มีกำลังค่อนข้างสูง และยังใช้พลังงานไฟฟ้ามาก แต่จะมีขั้นตอนในการอัดเพียงขั้นตอนเดียวเพราะไม่ต้องผสมตัวประสาน และไม่มีความจำเป็นที่จะต้องบดวัสดุก่อนเข้าอัดหากวัสดุไม่ได้มีขนาดใหญ่จนเกินไปนัก

เครื่องอัดแท่งถ่านโดยทั่วไป แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston Press) สามารถอัดได้ 40-1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่มีปัญหาเรื่องการขัดสีของกระบอกสูบและการแตกของลูกสูบ

2. เครื่องอัดแบบเกลียว (Screw Press) แบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ แบบเกลียวรูปกรวย (Conical Screw Press) สามารถอัดได้ 500-1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความชื้นร้อยละ 8-10

- แบบเกลียวคู่ (Twin Screw Press) สามารถอัดได้ 2,800-3,600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าความชื้นร้อยละ 25

- แบบเกลียวพร้อมขดลวดความร้อน (Screw Press with heated die) ที่มีอุณหภูมิประมาณ 350^{o}C สามารถอัดได้ 50-500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความชื้นวัสดุร้อยละ 8-12

3. เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง (Roll Press) การอัดแบบนี้ต้องการวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่าใช้เครื่องอัดแบบอื่น และได้ความหนาแน่นน้อย จึงเหมาะกับการอัดที่ใช้ตัวประสานเครื่องอัดเม็ด หรืออัดเป็นแท่งเล็กๆ (Palletizing Press) ประกอบด้วยพิมพ์ (Matrix) และลูกกลิ้ง (Roller) ซึ่งแรงเสียดสีของพิมพ์และลูกกลิ้งจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นและอัดวัสดุผ่านพิมพ์ ปกติขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดขนาด 5-15 เซนติเมตร ยาวน้อยกว่า 30 มิลลิเมตร [12]

โดยการเลือกกระบวนการอัดแท่งที่เหมาะสมจะต้องพิจารณาจากคุณลักษณะเฉพาะตัวของวัสดุหลักที่จะนำมาทำการอัดแท่งโดยพิจารณาจากความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) และองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุ [13]

งานวิจัยในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงทั้งในและต่างประเทศ

ปัจจุบันประเทศไทยได้มีผู้ค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับเชื้อเพลิงอัดแท่ง ในรูปแบบต่างๆ มากมาย ทั้งในภาคการเกษตรได้มีการนำวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร ได้แก่ กะลามะพร้าว แกลบ ชานอ้อย ฟางข้าว สบู่ดำ ซังข้าวโพด ไม้ยางพารา เป็นต้น ภาคครัวเรือน ได้แก่ ขี้เลื่อย เปลือกทุเรียน เปลือกมังคุด ผักตบชวา กากไขมัน กากกาแฟ กระดาษใช้แล้ว เป็นต้น โดยกระบวนการผลิตแท่งเชื้อเพลิง มีทั้งแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็น โดยใช้ตัวประสาน เช่น แป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาล น้ำหมักชีวภาพ หรือใช้แรงดันสูงช่วยในการขึ้นรูปของแท่งเชื้อเพลิง [14-16]

แต่จากข้อมูลของผู้แทนสภาอุตสาหกรรม [17] ในขณะนี้ประเทศไทยยังไม่มีเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งในระดับคุณภาพดี (Premium Grade) เพื่อส่งไปขายยังต่างประเทศได้เนื่องจากการผลิตในระดับ คุณภาพดี (Premium Grade) นี้ต้องใช้เทคโนโลยีมากและไทยยังไม่มีเทคโนโลยีถึงขั้นนั้น จึงยังเป็นพลังงานที่ยังต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีต่อไปซึ่งอาจจะได้มาจากการร่วมทุนหรือการทำวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีร่วมกันกับประเทศที่มีเทคโนโลยีที่ทันสมัย

ในต่างประเทศการผลิตแท่งเชื้อเพลิงมักจะนำวัสดุเหลือใช้ที่มีตามพื้นที่เพาะปลูกของแต่ละประเทศที่มีอยู่เป็นจำนวนมากมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน โดยวัสดุเหลือใช้ที่นำมาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้แก่ วัชพืช ขี้เลื่อย ฟางข้าว เมล็ดวอลนัท กระดาษเหลือใช้ กากชา เป็นต้น โดยวิธีที่ขึ้นรูปนิยมกระบวนการอัดเย็นแบบความดันสูงโดยไม่ใช้ตัวประสาน และการอัดเย็นโดยใช้ระบบไฮโดรลิค [18-19] ส่วนประเทศในแถบเอเชีย เช่น ญี่ปุ่นและจีน ได้นำเทคโนโลยีที่เรียกว่า CCB (Composite Fuel of Coal and Biomass; Biobriquette) ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างถ่านและสารชีวมวล (ถ่านชีวภาพ) โดยใช้กระบวนการอัดขึ้นรูปถ่านก้อนความดันสูง และอัตราการผสมของวัตถุดิบพื้นฐาน คือถ่านหิน 70-90% สารชีวมวล 10-30% โดยน้ำหนักและใส่หินปูนในอัตราส่วน 1-2 โดยน้ำหนัก เพื่อกำจัดซัลเฟอร์ในถ่านหินทำให้เป็นแท่งเชื้อเพลิงแบบไร้ควัน ส่วนสารชีวมวลที่ใช้เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไปผสมกับถ่าน ทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงสูงขึ้น และมีความสามารถในการติดไฟได้ดี เทคโนโลยี CCB ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถส่งต่อเทคโนโลยีนี้ไปยังหลายประเทศ เทคโนโลยีนี้ถูกพัฒนาเพื่อเป็นสารทดแทนเชื้อเพลิงเคโรซีน ในประเทศญี่ปุ่น และใช้แทนถ่านหินในประเทศจีน [20]

สรุป

การนำของเหลือใช้มาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงแทนถ่านสามารถเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติทั้งป่าไม้และก๊าซธรรมชาติและยังช่วยแก้ปัญหาการกำจัดขยะหรือของเหลือใช้ที่เกิดขึ้นในทั้งภาคการเกษตรและภาคครัวเรือน จากสถิติจำนวนครัวเรือนของ

ประเทศไทยที่ปัจจุบันมีอยู่ทั้งสิ้นประมาณ 20.3 ล้านครัวเรือน (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2552) ถ้ามีครัวเรือนหันมาใช้ถ่านในการหุงต้มอาหารเพียง 1 ล้านครัวเรือน หรือแค่ประมาณ 5% ของครัวเรือนทั้งหมด โดยตั้งเป้าให้ลดการใช้แอลพีจี (แก๊สปิโตรเลียมเหลว) ได้ 5 กิโลกรัมต่อเดือน ก็จะสามารถประหยัดเงินตราของประเทศได้กว่า 1,572 ล้านบาท แอลพีจี (แก๊สปิโตรเลียมเหลว) (ราคา เฉลี่ยปี 2554 อยู่ที่ 845 ดอลล่าร์สหรัฐ/ตัน และอัตราแลกเปลี่ยนประมาณ 31 บาท/ดอลล่าร์สหรัฐ) [21] ทั้งนี้จากเทคโนโลยีในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงที่ได้ศึกษาจะเห็นได้ว่าแท่งเชื้อเพลิงบางชนิดในแต่ละท้องถิ่นยังมีข้อดีแตกต่างกันไปโดยแท่งเชื้อเพลิงที่ทำจากชานอ้อยเน่าเปื่อยกับเศษพืชการจุดติดไฟทำได้ง่ายกว่าฟืนและถ่าน และยังได้แท่งเชื้อเพลิงที่สะอาดการเผาไหม้มีประสิทธิภาพสูง [22] ส่วนแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากซังข้าวโพดและเศษมันสำปะหลังจะให้ค่าความร้อนสูงกว่าไม้ฟืนและยังติดไฟได้นานกว่า ไม่มีควันไม่มีกลิ่น นอกจากนี้แท่งเชื้อเพลิงต่างๆ ที่มีผู้วิจัยผลิตขึ้นนั้นยังสามารถใช้ทดแทนแก๊สหุงต้มได้โดยแท่งเชื้อเพลิงจุดติดไฟง่ายแต่ไม่ไวไฟและไม่มีอันตรายจากการระเบิด สามารถผลิตและหาวัสดุได้ง่ายตามท้องถิ่นโดยใช้วัสดุและเทคโนโลยีในการผลิตที่มีความเหมาะสมในแต่ละท้องถิ่นนั้นๆ และนำไปขยายผลเพื่อส่งเสริมให้เกิดการเสริมสร้างอาชีพหรือรวมกลุ่มกันก่อให้เกิดรายได้ในชุมชนนั้นได้อีก และที่สำคัญที่สุดเป็นการทำให้ประชาชนรู้จักคุณค่าในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติมากขึ้น รู้จักใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ไม่เกิดการสูญเปล่าและได้ประโยชน์ทั้งทางตรงในด้านพลังงานทดแทนและทางอ้อมคือ ในแง่การอนุรักษ์ป่าไม้ และลดการใช้ก๊าซธรรมชาติได้อย่างเต็มที่

กิตติกรรมประกาศ

บทความทางวิชาการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยเรื่องการศึกษาแท่งเชื้อเพลิงจากขยะกระดาษและเศษวัสดุเหลือใช้ด้วยงบประมาณเงินรายได้ของสำนักนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปี พ.ศ. 2556 และขอขอบคุณ ดร.วิชชากร จารุศิริ และ ดร.สุพัตรา อารีกิจ ที่ให้คำแนะนำและตรวจสอบความถูกต้องของเอกสารและรูปแบบการพิมพ์

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงพลังงาน. (2555). *แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555-2564)(Alternative Energy Development Plan: AEDP 2012-2021).* สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2556, จาก www.dede.go.th/dede/images/stories/aedp25.pdf

[2] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555). *คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน.* หน้า 3.

[3] วัฒนา เสถียรสวัสดิ์. (2529). *รายงานวิจัยเรื่องเชื้อเพลิงเขียว (โครงการเชื้อเพลิงแข็ง).* กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[4] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555*). คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน.* หน้า 21-25.

[5] _____. (2555). *คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน.* หน้า 3.

[6] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555). *คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน.* หน้า 12-14.

[7] Biomass Energy in Asia. (1999). *A Study on Selected Technologies and Policy Options, December* โดย กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน.

[8] *สถิติการเกษตรของประเทศไทย.* (ม.ป.ป.). สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและสหกรณ์ 2551/52.

[9] อัมพรพรรณ วงษ์ท่าเรือ. (2555). *การพัฒนาพลังงานทดแทนในประเทศไทย.* สำนักนโยบายอุตสาหกรรมมหภาค. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2556, จาก http://www.oie.go.th/sites/default/files/attachments/article/Renewable_Energy_in_Thailand.pdf

[10] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555). *คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน.* หน้า 6.

[11] _____. (2555). *คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน.* หน้า 13.

[12] พัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติสำนักงาน. (2554). *ถ่าน:การผลิตที่ถูกวิธีและประโยชน์.* กรุงเทพฯ.

[13] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555). *คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน.* หน้า 12.

[14] สำรวม โกศลานันท์. (2553). *การศึกษาอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงจากกากไขมันและกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร.* วิทยานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[15] รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล. (2553). *การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้าสำปะหลัง.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

[16] เกรียงไกร วงศาโรจน์. (2554, มกราคม). การผลิตแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลจากสบู่ดำ. *วิศวกรรมสาร มข..* 38(1): 65-72

[17] อัมพรพรรณ วงษ์ท่าเรือ. (2555). *การพัฒนาพลังงานทดแทนในประเทศไทย.* สำนักนโยบายอุตสาหกรรมมหภาค. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2556, จาก http://www.oie.go.th/sites/default/files/attachments/article/Renewable_Energy_in_Thailand.pdf

[18] Demirbas. (1998). A. Evaluation of biomass residue Briquetting waste paper and wheat straw mixtures. *Fuel Processing Technology.* (55): 175–183.

[19] Hasan Yumak, Tamer Ucar, Nesim Seyidbekiroglu. (2010). Briquetting soda weed (Salsolatragus) to be used as a rural fuel source. *Biomass and Bioenergy.* 34: 630–636.

[20] สมาคมสารชีวมวลเอเชีย. (2551). *คู่มือสารชีวมวลเอเชีย.* หน้า 77.

[21] พงษ์ศักดิ์ เฮงนิรันดร์. (2555). *มก.ชวนคนไทยใช้เตาถ่าน พัฒนาเตาหุงต้ม "KU Green Stove".* สืบค้นเมื่อ 31 มีนาคม 2556, จาก http://www.manager.co.th/Campus/ViewNews.aspx?NewsID=9550000102119&CommentReferID=21838890&CommentReferNo=5&

[22] ประลอง ดำรงค์ไทย. (2542). *แท่งเชื้อเพลิงเขียวเพื่อทดแทนฟืนและถ่าน.* สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2556, จาก http://www.dnp.go.th/research/Knowledge/green_fuel.htm