

การเตรียมเชื้อเพลิงอัดเม็ดผสมระหว่างผ้าฟางพอลิพรอพิลีนที่ใช้งานแล้ว กับชีวมวล

Preparation of mixed fuel pellets from used polypropylene canvas and biomass

นริศรา อินทรจันทร์

สาขาวิชาวิศวกรรมกระบวนการเคมี สถาบันวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร 140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530

Email: narisara@mut.ac.th

Manuscript Received June 2, 2025

Revised June 18, 2025

Accepted June 21, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้เชิงพลังงานในการผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากผ้าฟางพอลิพรอพิลีนที่ใช้งานแล้วผสมร่วมกับวัสดุชีวมวล ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ชังข้าวโพดและฟางข้าว โดยทำการศึกษาลักษณะที่เหมาะสมระหว่างพลาสติกชนิดผ้าฟางพอลิพรอพิลีนที่ใช้แล้วและวัสดุชีวมวลต่าง ๆ เพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานเชื้อเพลิงอัดเม็ดของประเทศไทยสำหรับใช้งานกลุ่มอุตสาหกรรม มอก. 2772-2560 ในการทดลองใช้สัดส่วนของผ้าฟางพอลิพรอพิลีนและชีวมวล 3 สัดส่วนคือ 10:90 20:80 และ 30:70 ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดเม็ดขนาด 3 แรงม้า โดยใช้น้ำแป้งร้อยละ 20 โดยมวลเป็นตัวประสาน ผลการทดลองพบว่าค่าความชื้นของเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่มีสัดส่วนผ้าฟางพอลิพรอพิลีนกับชังข้าวโพดที่ 10:90 20:80 และ 30:70 มีค่าร้อยละ 9.09 7.97 และ 5.96 โดยมวล ตามลำดับ ค่าความร้อน 20.67 21.69 และ 24.89 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และปริมาณเถ้าร้อยละ 1.86 2.58 และ 2.76 ตามลำดับ ในขณะที่ความชื้นของเชื้อเพลิงอัดเม็ดระหว่างผ้าฟางพอลิพรอพิลีนกับฟางข้าวที่อัตราส่วน 10:90 20:80 และ 30:70 มีค่าร้อยละ 10.51 10.42 และ 6.99 โดยมวล ค่าความร้อน 19.90 21.14 และ 22.95 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และปริมาณเถ้าร้อยละ 8.49

9.69 และ 10.53 โดยมวล ตามลำดับ

สรุปได้ว่าเชื้อเพลิงอัดเม็ดสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้จริงเนื่องจากค่าความร้อนสูง การทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานเชื้อเพลิงอัดเม็ดของประเทศไทยสำหรับใช้งานกลุ่มอุตสาหกรรม มอก. 2772-2560 มีค่าอยู่ในมาตรฐานเป็นส่วนใหญ่ เว้นเพียงความหนาแน่นที่มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานเนื่องจากชนิดของพลาสติกพอลิพรอพิลีนที่เลือกมานั้นมีน้ำหนักเบา

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงอัดเม็ด ชีวมวล ผ้าฟางพอลิพรอพิลีน

ABSTRACT

This research is an energy feasibility study on the production of fuel pellets from recycled polypropylene canvas and biomass materials, i.e. corn cobs and rice straw. The properties of mixed fuel pellets were analysed in order to find the appropriate proportion of used polypropylene canvas and biomass materials and to produce pellet fuels that meet Thailand's pellet fuel standards for industrial applications, TIS 2772-2560. The ratio of polypropylene and biomass were varied into 3 ratios: 10:90, 20:80 and 30:70. The palletization was performed by a 3 hp pellet machine by using a 20 percent by mass of tapioca starch water was used as a binder. The results showed that the moistures of mixed fuel pellets produced from used polypropylene canvas

with corn cobs at ratio 10:90, 20:80 and 30:70 were 9.09, 7.97 and 5.96 percent by mass, respectively. Heating values of 20.67, 21.69 and 24.89 MJ/kg, and ash contents of 1.86, 2.58 and 2.76 percent by mass were found, respectively. Whilst the moistures of mixed fuel pellets of used polypropylene canvas with rice straw at 10:90, 20:80 and 30:70 were 10.51, 10.42 and 6.99 percent by mass, heating values of 19.90, 21.14 and 22.95 MJ/kg, and ash contents of 8.49, 9.69 and 10.53 percent by mass were found, respectively.

In conclusion, fuel pellets can feasible be used as fuel due to the high heating value. All fuel pellets properties except bulk density meet the Thailand's pellet fuel standard for industrial application. The reason of slightly below standard bulk density is might due to the fact that polypropylene canvas has a lightweight property.

Keywords: Fuel Pellets, Biomass, Used Polypropylene Canvas

1. ที่มาและความสำคัญ

จากแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ปี 2561-2580 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2563) [1] ที่มุ่งเน้นให้ทุกภาคส่วนมีการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงาน จากการใช้แหล่งวัตถุดิบพลังงานในประเทศ ลดการนำเข้าและการพึ่งพาพลังงานจากปิโตรเลียม อันเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การศึกษาค้นคว้าเพื่อหาพลังงานทดแทนจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจเป็นอย่างมาก ปัจจัยสำคัญในการเลือกเชื้อเพลิง คือ ควรมีราคาถูก มีปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการ หาได้ง่ายตามท้องถิ่น รวมทั้งกรรมวิธีในการนำมาใช้ไม่ยุ่งยากซับซ้อน โดยหนึ่งในพลังงานทดแทนที่เป็นทางเลือกที่ดี คือ พลังงานทดแทนจากเชื้อเพลิงชีวมวลจากอุตสาหกรรมเกษตร เช่น ชังข้าวโพด ฟางข้าว ชังปาล์ม เป็นการประหยัดและชะลอการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ลดผลกระทบจากการทิ้งชีวมวลเพิ่มมากขึ้นและยังมีผลกระทบต่อทั้งเศรษฐกิจ สังคม รวมถึงความสมดุลของสิ่งแวดล้อม ประโยชน์ที่เกิดจากการนำชีวมวลมาใช้ใหม่ส่งผลดีต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมสำหรับภาคชนบทและภาคอุตสาหกรรม จากต้นทุนของเชื้อเพลิงในปัจจุบันมีการปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เชื้อเพลิงชีวมวลจึงเป็นที่น่าสนใจและถูกพัฒนานำมาใช้ในงาน

ภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม การนำเอาชีวมวลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงยังมีข้อด้อยอยู่หลายประการ เช่น คุณภาพของเชื้อเพลิงชีวมวล ไม่มีมาตรฐานของเชื้อเพลิงชีวมวลรองรับทำให้ชีวมวลมีปัญหาราคาไม่แน่นอน ดังนั้น การส่งเสริมการนำชีวมวลมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ในรูปแบบของเชื้อเพลิงอัดเม็ด จึงจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลการผลิต ส่งออก และส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในอนาคตสำหรับภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ

นอกจากนี้ของเหลือจากภาคการเกษตรที่มีจำนวนมาก ทั่วโลกก็กำลังเผชิญกับปัญหาขยะพลาสติกที่มีปริมาณมากขึ้นทุกปี และเริ่มส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและก่อให้เกิดปัญหาโลกร้อนที่ตามมา ขยะพลาสติกเหล่านั้นจะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น พอลิโพรพิลีน (Polyethylene (PP)) พอลิเอทิลีน (Polypropylene (PE)) พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride (PVC)) เป็นต้น ผ้าฟางพอลิพรอพิลีน (พีพี) เป็นหนึ่งในวัสดุพลาสติกที่ใช้ในพื้นที่ก่อสร้าง ใช้ปิดกันฝนฝุ่นละออง ปูพื้นในลานตากผลิตภัณฑ์ ใช้ปกคลุมสินค้าป้องกันแสงแดด กันฝน รวมทั้งโรงงานไฟฟ้าก็ยังใช้ผ้าฟางพอลิพรอพิลีนในการคลุมถ่านหิน ผ้าฟางพีพีเมื่อทิ้งไว้เป็นระยะเวลานานและโดนแสงแดด ฝนและอุณหภูมิสูง จะเสื่อมสภาพและสามารถสลายตัวเป็นไมโครพลาสติกที่มีโมเลกุลขนาดเล็กและเป็นอันตรายอย่างมากต่อสิ่งมีชีวิต เมื่อศึกษาองค์ประกอบผ้าฟางพอลิพรอพิลีน (PP) ถึงแม้ว่าจะเป็นวัตถุที่ไม่ไวไฟ อาจมีการเผาไหม้ที่ไม่ดี และช่วงเวลาการลุกไหม้ไม่นาน เนื่องจากมีปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile Matters) สูง แต่ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) ค่อนข้างต่ำ แต่เมื่อเผาไหม้แล้วก็ถือว่ามีมลพิษน้อยเหมาะสำหรับการนำมาเป็นวัสดุเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ที่เหมาะสม ในช่วงอุณหภูมิ 750 - 1,000 องศาเซลเซียสได้ [2], [3] ดังนั้น การนำชีวมวลและขยะพลาสติกเหล่านี้มาผสมผลิตเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพอาจเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ดีในการใช้เป็นพลังงานทดแทน โดยการทำเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ดเพื่อให้ง่ายต่อการขนส่ง การจัดเก็บและการเก็บรักษา อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบที่เหลือทางการเกษตรและขยะพลาสติกที่เป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

2. การออกแบบและกระบวนการทดลอง

2.1 การเตรียมและศึกษาสมบัติของวัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด

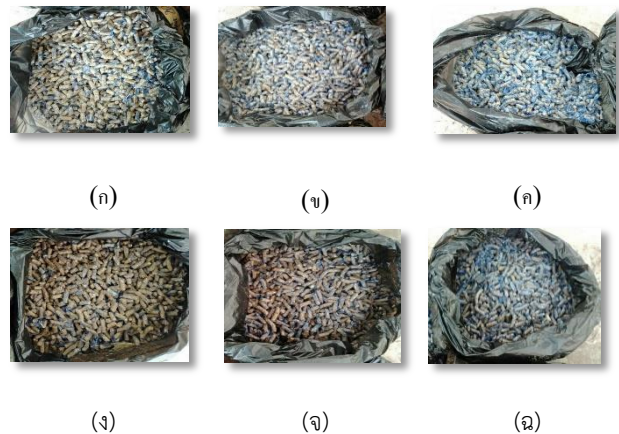
วัตถุดิบชีวมวลที่นำมาใช้ในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด ประกอบไปด้วย ฟางข้าวจากพื้นที่นาหลังการเก็บเกี่ยวในเขตจังหวัด ฉะเชิงเทราและซังข้าวโพดจากโกดังจั่นง่วนเสี่ยงในเขตจังหวัดลพบุรี โดยนำไปตากแดดเป็นเวลา 4 วัน เพื่อลดค่าความชื้นให้เหมาะต่อการผสมซึ่งอยู่ในช่วงร้อยละ 16 - 23 ทำการสับและบดย่อยด้วยโถปั่นความเร็วสูง คัดแยกขนาดด้วยตะแกรงร่อนให้อยู่ในช่วง 30 mesh ถึง 50 mesh ส่วนผ้าฟางพอลิพรอพิลีนที่ใช้งานแล้ว (ผ้าฝาง Blue sheet) นำมาจากพื้นที่ก่อสร้าง ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยนำไปตากแดดเป็นเวลา 2 วัน เพื่อลดค่าความชื้น จากนั้นทำการสับและบดย่อยด้วยโถปั่นความเร็วสูงและนำไปบดย่อยต่อด้วยเครื่อง Ball mill ด้วยความเร็วรอบ 12.5 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนใช้งาน วัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด ที่เตรียมได้ จะถูกนำมาวัดค่าความร้อนตามมาตรฐาน ASTM E711 และค่าความชื้นตามมาตรฐาน ASTM E871

2.2 การขึ้นรูปเชื้อเพลิงอัดเม็ด

ผสมผ้าฟางพอลิพรอพิลีนกับชีวมวลที่ได้จากข้อ 2.1 ด้วยอัตราส่วน 10:90 20:80 และ 30:70 โดยมวล โดยใช้ น้ำแ่งมัน สำปะหลังที่ความเข้มข้นของน้ำแ่งร้อยละ 50 โดยมวลเป็นตัวประสาน ในปริมาณร้อยละ 20 โดยมวลของวัตถุดิบ จากนั้นนำเข้าเครื่องอัดเม็ดกำลังมอเตอร์ 3 แรงม้าดังรูปที่ 1 และได้เชื้อเพลิงอัดเม็ดออกมาดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 เครื่องอัดเม็ด



รูปที่ 2 เชื้อเพลิงอัดเม็ดที่อัตราส่วนต่าง ๆ (ก) (ข) และ (ค) ผ้าฟางพีพีกับซังข้าวโพดที่สัดส่วนผ้าฟางพีพี เป็นร้อยละ 10 20 และ 30 โดยมวล และ (ง) (จ) และ (ฉ) ผ้าฟางพีพีกับฟางข้าวที่สัดส่วนผ้าฟางพีพี เป็นร้อยละ 10 20 และ 30 โดยมวล ตามลำดับ

2.3 การทดสอบสมบัติของเชื้อเพลิงอัดเม็ด

เชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ผลิตได้ จะถูกนำมาทดสอบสมบัติต่างๆ ตามมาตรฐานคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดเม็ดของประเทศไทยสำหรับใช้งาน กลุ่มอุตสาหกรรม มอก. 2772-2560 (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2562) ซึ่งได้แก่ ค่าความหนาแน่นรวม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ความยาวเฉลี่ย ความยาวสูงสุด ความยาวต่ำสุด ความคงทนหรือความทนทานปริมาณฝุ่นผง ค่าความร้อน ความชื้น ปริมาณเถ้าระยะเวลาในการเผาไหม้และ ปริมาณควัน โดยวิธีการทดสอบจะใช้วิธีมาตรฐานตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 1

3. ผลการทดลองและการอภิปรายผล

3.1 ลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงอัดเม็ด

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพโดยพิจารณาลักษณะภายนอกของเชื้อเพลิงอัดเม็ดผสมที่ผลิตจากผ้าฟางพอลิพรอพิลีนที่ใช้งานแล้วกับซังข้าวโพด และเชื้อเพลิงอัดเม็ดผสมที่ผลิตจากผ้าฟางพอลิพรอพิลีนที่ใช้งานแล้วกับฟางข้าว ใช้น้ำแ่งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน โดยสัดส่วนระหว่างผ้าฟางพอลิพรอพิลีนที่ใช้งานแล้วต่อชีวมวลต่างกันคือ 10:90 20:80 และ 30:70 โดยมวล พบว่าเชื้อเพลิงที่มีสัดส่วนผ้าฟางพอลิพรอพิลีนสูง จะมีลักษณะเป็นเม็ดที่เกาะตัวกันไม่แน่น มีผ้าฟางพอลิพรอพิลีนเป็นเส้นๆ ออกมารอบเม็ดเชื้อเพลิง

ไม่เรียบเป็นเนื้อเดียวกัน เม็ดเชื้อเพลิงทั้งหกนั้นมีความแข็ง แต่หากออกแรงบีบมาก ๆ ก็อาจทำให้เชื้อเพลิงนั้นหักและแตกได้

ตารางที่ 1 มาตรฐานคุณสมบัติเชื้อเพลิงอัดเม็ดของประเทศไทย สำหรับใช้งานกลุ่มอุตสาหกรรม มอก. 2772-2560 [4] และวิธีการทดสอบ

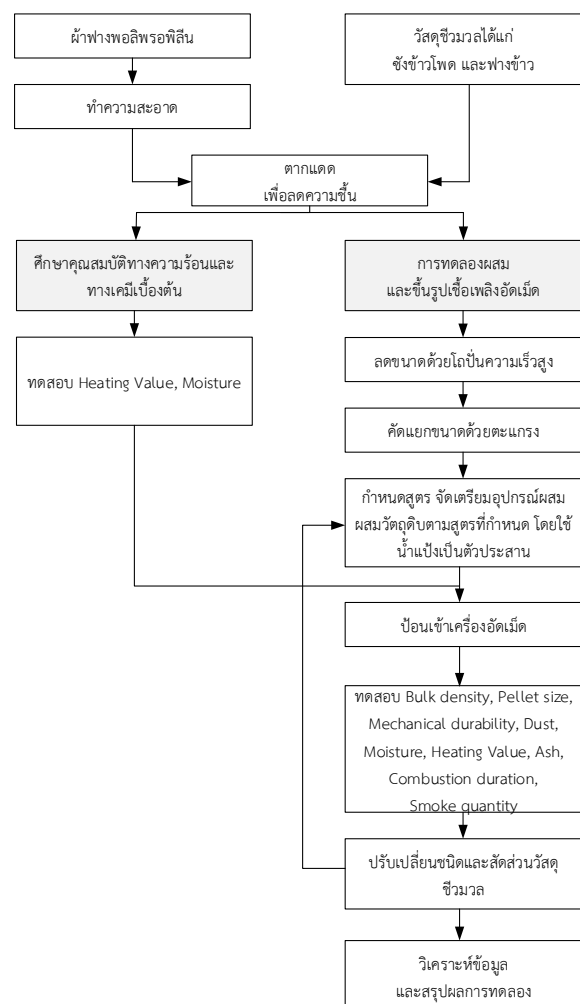
คุณสมบัติ	ชั้นคุณภาพ 1	มาตรฐานที่ใช้ทดสอบ
ความหนาแน่นรวม	ไม่น้อยกว่า 600 kg/m ³	ASTM E873-82
เส้นผ่านศูนย์กลาง (D)	ตั้งแต่ 6 mm ถึง 25 mm (ค่าความคลาดเคลื่อน ± 1 mm ของค่าที่ระบุ)	มอก. 2772-2560
ความคงทน	ไม่น้อยกว่า 96.0 % w/w	มอก. 2772-2560
ปริมาณฝุ่นผง	ไม่เกินกว่า 3.0 % w/w	มอก. 2772-2560
ความยาวเฉลี่ย	ตั้งแต่ 3.15 mm ถึง 40 mm สำหรับ D ตั้งแต่ 6 - 10 mm	มอก. 2772-2560
	ตั้งแต่ 3.15 mm ถึง 50 mm สำหรับ D ตั้งแต่ 12 - 25 mm	
ความยาวต่ำสุด	ไม่น้อยกว่า 3.15 mm	มอก. 2772-2560
ความยาวสูงสุด (เฉพาะ D ตั้งแต่ 6 - 10 mm)	ไม่เกินกว่า 45.0 mm	มอก. 2772-2560
ความยาวที่ > 40 mm	ไม่เกินกว่า 1 % w/w	มอก. 2772-2560
ความชื้น	ไม่เกินกว่า 15 % w/w	ASTM E871-72
ค่าความร้อน	ไม่น้อยกว่า 14.5 MJ/kg	ASTM E711-87
เถ้า	ไม่เกินกว่า 10 % w/w	ASTM D1102-84

ขั้นตอนการทดลองเชื้อเพลิงอัดเม็ดผสมระหว่างผ้าฟางพอลิพรอพิลีนที่ใช้งานแล้วกับชีวมวลแสดงดังรูปที่ 3

3.2 ผลของสัดส่วนและชนิดของชีวมวลที่มีต่อสมบัติทางกายภาพ

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบค่าความหนาแน่นรวม ขนาดความคงทน ปริมาณฝุ่น ความชื้น ค่าความร้อน และปริมาณเถ้า รวมทั้งการวิเคราะห์เพิ่มเติมจากมาตรฐานเชื้อเพลิงอัดเม็ดของประเทศไทยสำหรับใช้งานกลุ่มอุตสาหกรรม อันได้แก่ ระยะเวลาในการเผาไหม้ และปริมาณควัน ของเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ทำการผลิต โดยค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทำการทดลอง 3 ครั้ง

เมื่อพิจารณาค่าความหนาแน่นรวม พบว่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงผสมระหว่างผ้าฟางพอลิพรอพิลีนกับซังข้าวโพดที่สัดส่วนผ้าฟางพอลิพรอพิลีนเป็นร้อยละ 10 20 และ 30 โดยมวล มีค่าเป็น 493.07 449.13 และ 434.49 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และของเชื้อเพลิงผสมระหว่างผ้าฟางพอลิพรอพิลีนกับฟางข้าวที่สัดส่วนผ้าฟางพอลิพรอพิลีนเป็นร้อยละ 10 20 และ 30 โดยมวล มีค่าเป็น 512.60 488.19 และ 478.42 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ เดิมวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดคือ ผ้าฟางพอลิพรอพิลีน ซังข้าวโพดและฟางข้าว มีความหนาแน่นอยู่ที่ 190 282 และ 360 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้ความหนาแน่นเชื้อเพลิงอัดเม็ดลดลงตามร้อยละของผ้าฟางพอลิพรอพิลีน



รูปที่ 3 ขั้นตอนการทดลอง

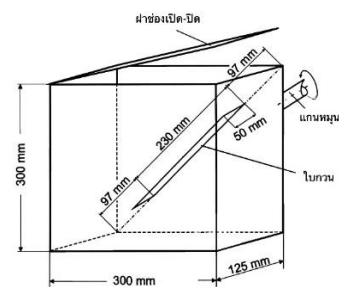
เมื่อเปรียบเทียบชนิดของชีวมวลระหว่างซังข้าวโพดและฟางข้าว พบว่าเชื้อเพลิงผสมระหว่างฟางฟอลิพรอฟิลินกับฟางข้าวมีความความหนาแน่นสูงกว่า อาจเนื่องจากฟางข้าวมีอนุภาคที่เป็นเส้นใย เมื่อนำมาผสมกับฟางฟอลิพรอฟิลินและใช้น้ำแ่งเป็นตัวประสาน นำเข้าเครื่องอัดเม็ด ฟางฟอลิพรอฟิลินจะถูกบดให้มีลักษณะเป็นเส้นใย เมื่อถูกอัดเข้าเม็ดกับฟางข้าวที่มีลักษณะเป็นเส้นใย เช่นเดียวกัน จะสามารถเกาะกันได้แน่นจึงมีความหนาแน่นมากกว่า ซังข้าวโพดที่มีอนุภาคเป็นเม็ดกลม ๆ ไม่สามารถเกาะติดกันแบบไม่แนบชิดและแน่นหนา อาจเกิดช่องว่างขนาดเล็กภายในเม็ดเชื้อเพลิงจำนวนมากจึงทำให้ซังข้าวโพดมีความหนาแน่นที่น้อยกว่าฟางข้าวเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม เชื้อเพลิงอัดเม็ดทั้งหมึกนี้ไม่ผ่านตามมาตรฐานเชื้อเพลิงอัดเม็ดของประเทศไทยสำหรับใช้งานกลุ่มอุตสาหกรรมที่กำหนดความหนาแน่นต้องไม่น้อยกว่า 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เหตุสำคัญที่มาตรฐานเชื้อเพลิงอัดเม็ดของประเทศไทยกำหนดความหนาแน่นนี้ก็เพื่อลดพื้นที่ในการจัดเก็บและการขนส่ง ดังนั้นหากมีพื้นที่เพียงพอและไม่จำเป็นต้องมีการขนส่ง ก็พอจะสามารถใช้เชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ผลิตขึ้นนี้ได้

เมื่อพิจารณาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวเฉลี่ยของเชื้อเพลิงอัดเม็ด พบว่าเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ผลิตจากซังข้าวโพดผสมกับฟางฟอลิพรอฟิลิน มีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 6.2 - 6.5 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ย 14.8 - 16.2 มิลลิเมตร และเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ผลิตจากฟางข้าวผสมกับฟางฟอลิพรอฟิลิน มีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 6.3-6.6 มิลลิเมตร และความยาวเฉลี่ย 15.8-16.6 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดในทุกอัตราส่วนมีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวเฉลี่ยผ่านเกณฑ์มาตรฐานเชื้อเพลิงอัดเม็ดของประเทศไทยสำหรับใช้งานกลุ่มอุตสาหกรรม

จากตารางที่ 2 แสดงค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงผสม โดยวิเคราะห์ตามวิธีการมาตรฐาน มอก. 2772-2560 โดยการนำตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ผ่านการร่อนเอาฝุ่นออกจำนวน 500 ± 10 กรัม ใส่ลงในเครื่องทดสอบความหนาแน่นที่ทำจากวัสดุโลหะเรียบ ขนาดดังรูปที่ 3 หมุนด้วยอัตรา 50 ± 2 รอบต่อนาที เป็นจำนวน 500 รอบ จากนั้นคำนวณหาค่าความหนาแน่นจากสมการ

$$\text{ร้อยละความหนาแน่น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่เหลืออยู่บนตะแกรงร่อนหลังการทดสอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเริ่มการทดสอบ}} \times 100$$

จากข้อมูลในตารางพบว่า ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงระหว่างฟางฟอลิพรอฟิลินกับซังข้าวโพดที่สัดส่วนฟางฟอลิพรอฟิลินเป็นร้อยละ 10 20 และ 30 โดยมวล มีค่าเป็นร้อยละ 98.03 97.02 และ 96.20 โดยมวล ตามลำดับ และของเชื้อเพลิงผสมระหว่างฟางฟอลิพรอฟิลินกับฟางข้าวที่สัดส่วนฟางฟอลิพรอฟิลินร้อยละ 10 20 และ 30 โดยมวล มีค่าเป็นร้อยละ 99.03 98.10 และ 97.00 โดยมวล ตามลำดับ โดยจะเห็นว่าเชื้อเพลิงผสมที่มีฟางข้าวเป็นชีวมวลจะมีค่าความหนาแน่นมากกว่าเล็กน้อย เนื่องจากฟางข้าวมีลักษณะที่เป็นเส้นใยเหมือนเส้นใยของฟางฟอลิพรอฟิลิน เมื่อทำการอัดเม็ดจึงสามารถเกาะกันได้แน่นกว่า ทำให้มีความหนาแน่นมากกว่า ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นรวม นอกจากนี้พบว่าเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดมีค่าความหนาแน่นลดลงตามร้อยละของฟางฟอลิพรอฟิลินที่มากขึ้น เนื่องจากความชื้นในวัตถุดิบฟางฟางที่มีค่าน้อย คือมีคาร์บอนร้อยละ 0.51 โดยมวล เทียบกับชีวมวลที่มีคาร์บอนความชื้นตั้งแต่ต้น ประมาณ 11-12 โดยมวล จึงส่งผลให้เมื่อปริมาณร้อยละฟางฟอลิพรอฟิลินมากขึ้น จะทำให้ความชื้นของเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ผลิตลดลง อาจส่งผลทำให้เชื้อเพลิงแตกหักได้ง่ายกว่า อย่างไรก็ตาม เชื้อเพลิงอัดเม็ดทั้งหมึกนี้ผ่านตามมาตรฐานเชื้อเพลิงอัดเม็ดของประเทศไทยสำหรับใช้งานกลุ่มอุตสาหกรรมที่กำหนดค่าความหนาแน่นต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 96 โดยมวล



รูปที่ 3 ขนาดของเครื่องทดสอบความหนาแน่นตามมาตรฐาน มอก. 2772-2560

ปริมาณผงฝุ่นในเชื้อเพลิงอัดเม็ดทั้ง 2 ชนิด ในทุกอัตราส่วนมีค่าไม่เกินร้อยละ 2 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ต้องไม่เกินร้อยละ 3 โดยมวล และพบว่าเมื่อปริมาณร้อยละฟางฟอลิพรอฟิลินสูงขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณผงฝุ่นมากขึ้น สอดคล้องกับค่าความหนาแน่นรวมและความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ลดลงเมื่อร้อยละฟางฟางมาก

ขึ้น

ค่าความร้อน เป็นค่าของพลังงานที่ถูกผลิตขึ้นต่อหน่วยมวล แสดงถึงประสิทธิภาพด้านพลังงานที่มีอยู่ภายในเชื้อเพลิงหรือชีวมวล กล่าวคือถ้าชีวมวลดิบมีค่าความร้อนต่ำจะส่งผลให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ต้องใช้พลังงานชีวมวลจำนวนมากในการเผาไหม้ แต่เมื่อชีวมวลดิบผ่านกระบวนการผลิตได้เป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ดนั้น จะทำให้ค่าความร้อนต่ำลงและส่งผลให้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้น เชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ผลิตในงานวิจัยนี้ มีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 20-25 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ซึ่งผ่านตามมาตรฐานเชื้อเพลิงอัดเม็ดของประเทศไทย สำหรับใช้งานกลุ่มอุตสาหกรรมที่กำหนดค่าความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 14.5 เมกะจูลต่อกิโลกรัม จากตารางที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบชนิดของชีวมวลระหว่างซังข้าวโพดและฟางข้าว พบว่าเชื้อเพลิงผสมระหว่างฟางพอลิพรอพิลีนกับซังข้าวโพดมีค่าความร้อนสูงกว่าเนื่องจากซังข้าวโพดและฟางข้าวที่นำมาใช้ในการทำเชื้อเพลิงอัดเม็ดมีค่าความร้อนเป็น 18.63 และ 12.33 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ค่าความร้อนจะเพิ่มขึ้นตามร้อยละของฟางพอลิพรอพิลีนที่มีในเชื้อเพลิงอัดเม็ด ที่มีค่าความร้อนตั้งต้นอยู่ที่ 45.21 เมกะจูลต่อกิโลกรัม

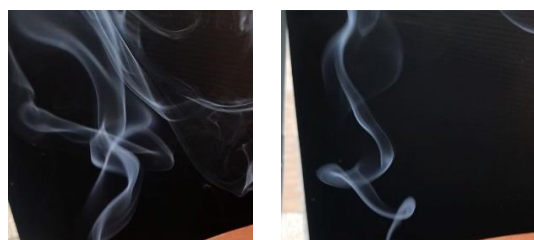
ค่าความร้อนจะสอดคล้องกับค่าความชื้นของเชื้อเพลิงอัดเม็ดผสม ซึ่งพบว่าจะมีค่าลดลงตามร้อยละของฟางพอลิพรอพิลีนที่มากขึ้น และพบว่าเชื้อเพลิงอัดเม็ดผสมจากซังข้าวโพดจะมีความชื้นที่น้อยกว่าเชื้อเพลิงผสมจากฟางข้าวที่มีค่าระหว่าง 9.09-5.96 และ 10.51-6.99 โดยมวล ตามลำดับ ซึ่งเชื้อเพลิงอัดเม็ดทั้งหมึกนี้ผ่านตามมาตรฐานเชื้อเพลิงอัดเม็ดของประเทศไทยสำหรับใช้งานกลุ่มอุตสาหกรรมที่กำหนดค่าความชื้นต้องไม่เกินกว่าร้อยละ 15 โดยมวล

ค่าปริมาณเถ้า เป็นค่าที่ชี้ให้เห็นถึงความบ่อยครั้งของการซ่อมบำรุง (Maintenance frequency) ของอุปกรณ์ที่นำเชื้อเพลิงอัดเม็ดไปเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ เนื่องจากเถ้าถ่านที่ได้จากการเผาไหม้มีส่วนประกอบของโพแทสเซียม (K) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และคลอรีน (Cl_2) โดยสารเหล่านี้จะยึดเกาะอยู่ที่ผนังของท่อและห้องเผาไหม้ทำให้เกิดการผุกร่อนของอุปกรณ์ และเกิดความเสียหายส่งผลให้ต้องมีการซ่อมบำรุง [5] ในงานวิจัยนี้ เชื้อเพลิงอัดเม็ดผสมที่ผลิตได้ มีปริมาณเถ้าที่เป็นไปตามมาตรฐาน คือต้องมี

ค่าไม่เกินร้อยละ 10 โดยมวล ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดเม็ดผสมที่ผลิตจากซังข้าวโพด มีค่าเป็นร้อยละ 1.86 2.58 และ 2.76 โดยมวล และของเชื้อเพลิงอัดเม็ดผสมที่ผลิตจากฟางข้าวมีค่าเป็นร้อยละ 8.49 9.69 และ 10.53 โดยมวล ที่สัดส่วนฟางพอลิพรอพิลีนเป็นร้อยละ 10 20 และ 30 โดยมวล ตามลำดับ โดยจะเห็นว่าเชื้อเพลิงชีวมวลทั้งสองชนิดมีปริมาณเถ้าที่เพิ่มตามร้อยละของฟางพอลิพรอพิลีน

จากข้อมูลข้างต้นพบว่าเชื้อเพลิงผสมระหว่างฟางพอลิพรอพิลีนกับฟางข้าวมีปริมาณเถ้าที่มากกว่าเชื้อเพลิงผสมระหว่างฟางพอลิพรอพิลีนกับซังข้าวโพด เนื่องจากองค์ประกอบของซังข้าวโพดมีเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ที่ย่อยได้ง่าย (ร้อยละ 54) สูงกว่าฟางข้าว (ร้อยละ 22) ดังนั้นเมื่อเผาไหม้จึงทำให้ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงผสมระหว่างฟางพอลิพรอพิลีนกับซังข้าวโพดนั้นเหลือน้อยกว่า

เมื่อพิจารณาระยะเวลาการเผาไหม้เชื้อเพลิงอัดเม็ดและปริมาณควันที่เกิดจากการเผาไหม้ (การสังเกตด้วยตาเปล่า) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เพิ่มเติมจากมาตรฐานเชื้อเพลิงอัดเม็ดของประเทศไทยพบว่าสัดส่วนที่มีฟางพอลิพรอพิลีนสูงสามารถเพิ่มระยะเวลาในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดเม็ดได้ และเมื่อเปรียบเทียบชนิดของชีวมวลระหว่างซังข้าวโพดและฟางข้าว พบว่าเชื้อเพลิงผสมระหว่างฟางพอลิพรอพิลีนกับซังข้าวโพดมีระยะเวลาในการเผาไหม้มากกว่าเชื้อเพลิงจากฟางข้าวเล็กน้อย แต่ปริมาณควันที่เกิดขึ้นจะมากกว่า ดังรูปที่ 4



(ก)

(ข)

รูปที่ 4 ปริมาณควัน (ก) ควันมาก (ซังข้าวโพด) (ข) ควันน้อย (ฟางข้าว)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดเม็ดแต่ละชนิด

คุณสมบัติ	ผ้าฟาง PP 10 : ซังข้าวโพด 90	ผ้าฟาง PP 20 : ซังข้าวโพด 80	ผ้าฟาง PP 30 : ซังข้าวโพด 70	ผ้าฟาง PP 10 : ฟางข้าว 90	ผ้าฟาง PP 20 : ฟางข้าว 80	ผ้าฟาง PP 30 : ฟางข้าว 70
ความหนาแน่นรวม (kg/m^3)	493.07	449.13	434.49	512.60	488.19	478.42
เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	6.2	6.4	6.5	6.3	6.6	6.6
ความทนทาน (% w/w)	98.03	97.02	96.20	99.03	98.10	97.00
ปริมาณผงฝุ่น (% w/w)	0.71	1.37	2.03	0.70	1.33	2.01
ความยาวเฉลี่ย (mm)	14.8	15.7	16.2	16.3	15.8	16.6
ความยาวต่ำสุด (mm)	9.1	10.5	12.1	8.4	10.4	10.2
ความยาวสูงสุด (เฉพาะ D = 6 - 10 mm) (mm)	19.5	22.3	20.4	21.5	22.4	23.1
ความยาวที่เกินกว่า 40 mm (% w/w)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ความชื้น (% w/w)	9.09	7.97	5.96	10.51	10.42	6.99
ค่าความร้อน (MJ/kg)	20.67	21.69	24.89	19.90	21.14	22.95
เถ้า (% w/w)	1.86	2.58	2.76	8.49	9.69	10.53
ระยะเวลาในการเผาไหม้ (min)	4.35	4.43	5.21	3.28	4.00	4.25
ปริมาณควัน	มาก	มาก	มาก	น้อย	น้อย	น้อย

4. สรุป

จากการศึกษาสรุปได้ว่าเชื้อเพลิงอัดเม็ดผสมที่ผลิตจากชีวมวลข้าวโพดและฟางข้าวผสมกับผ้าฝางพอลิฟิลิน โดยใช้น้ำแบ่งปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 20 ของวัตถุดิบเป็นตัวประสานนั้น มีคุณสมบัติเชิงพลังงาน ให้พลังงานความร้อนสูง มีคุณสมบัติตามมาตรฐานเชื้อเพลิงอัดเม็ดของประเทศไทยสำหรับใช้งานกลุ่มอุตสาหกรรม มอก. 2772-2560 สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้จริง แต่มีข้อจำกัดในเรื่องค่าความหนาแน่นรวมที่มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน คือต่ำกว่า 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หากมีการนำไปใช้อาจต้องใช้ในปริมาณมากเพื่อให้ได้ค่าความร้อนตามที่เรากำลังต้องการ อย่างไรก็ตามหากพิจารณาในแง่การลดปริมาณและเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียทางการเกษตรและขยะพลาสติกที่เกิดขึ้น ก็เป็นอีกหนึ่งทางเลือกหนึ่งในการจัดการของเสียที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงาน โดยเฉพาะผ้าฝางพอลิพรอฟิลินหรือผ้า Blue sheet ที่มีการใช้เป็นจำนวนมาก อาทิเช่น โรงไฟฟ้าพลังงานถ่านหินที่ใช้ผ้าฝางนี้ในการคลุมวัตถุดิบถ่านหินจากแดดและฝน ก็จะสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ แทนการปล่อยให้เสื่อมสลายและแพร่กระจายความเป็นพิษสู่สิ่งแวดล้อม

จากผลการทดลองพบว่า การเพิ่มสัดส่วนผ้าฝางพอลิพรอฟิลินจะส่งผลให้ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงอัดเม็ดผสมต่ำลง ค่าความร้อนสูงขึ้น โดยเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ให้ค่าความร้อนสูงสุด คือ เชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ผลิตจากซังข้าวโพดและผ้าฝางพอลิพรอฟิลิน ในอัตราส่วนผ้าฝางร้อยละ 30 โดยมีค่าความร้อนอยู่ที่ 24.89 เมกะจูลต่อกิโลกรัม อย่างไรก็ตามการเพิ่มร้อยละผ้าฝางจะส่งผลทำให้ความทนทานของเชื้อเพลิงอัดเม็ดต่ำลงเล็กน้อยและปริมาณฝุ่นสูงขึ้น ดังนั้นอัตราส่วนของผ้าฝางไม่ควรเกินร้อยละ 30 นอกจากนี้อาจพิจารณาใช้ชีวมวลฟางข้าวทดแทนซังข้าวโพด เนื่องจากเชื้อเพลิงอัดเม็ดเมื่อเผาไหม้แล้วให้ปริมาณควันที่น้อยกว่า ถึงแม้ค่าความร้อนจะน้อยกว่าเล็กน้อยที่ร้อยละอัตราส่วนของผ้าฝางเท่ากัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ปี 2561-2580 (EEP2018), กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน, ตุลาคม 2563
- [2] Zhou H., Long Y., Meng A., Li Q and Zhang Y., "Classification of municipal solid waste components for thermal conversion in waste-to-energy research", Fuel, Vol. 145, pp. 151–157, 2015.
- [3] Gug J., Cacciola D. and Sobkowicz M.J., "Processing and properties of a solid energy fuel from municipal solid waste (MSW) and recycled plastics", Waste manage, Vol. 35, pp. 283–292, 2015.
- [4] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวมวลแข็งอัดเม็ด (มอก.2772-2560), สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), กระทรวงอุตสาหกรรม, กุมภาพันธ์ 2562 [Online]., เข้าถึงจาก: https://www.tisi.go.th/data/standard/pdf_files/tis/a2772-2560.pdf [Accessed 16 มกราคม, 2568]
- [5] เกษรา รัตตะวัน. ผลของตัวประสานทางธรรมชาติที่มีผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพและต้นทุนพลังงานในกระบวนการขึ้นรูปแบบอัดแท่งตะเกียบจากเศษไม้กระถิน. [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก: <http://thesis-ir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/2103/1/59406201.pdf>

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นริศรา อินทรจันทร์ จบการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ สาขาเคมีอุตสาหกรรม จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง ระดับปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเคมี จาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และระดับปริญญาเอก จาก Imperial College of Science and Technology สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมกระบวนการและอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาลัยเทคโนโลยีมหานคร

