ผลกระทบของกระบวนการทอรีแฟคชั่นต่อค่าพลังงานความร้อนของเปลือกมะม่วงอัดแท่ง

กาหลง บัวนาค[1], สรรพสิทธิ์ ชลพันธ์[1], นรินทร์ กุลนภาดล[1], ธนวัฒน์ ศรีรักษา[2]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลยานยนต์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการเปลี่ยนเปลือกมะม่วงให้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงที่สามารถเก็บรักษาไว้ใช้งานได้โดยประหยัดพื้นที่และไม่เกิดการเน่าเสีย โดยนำเปลือกมะม่วงที่เหลือจากการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรมาทำเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งและทำการปรับปรุงคุณภาพของเชื้อเพลิงด้วยกระบวนการทอรีแฟคชั่น อุณหภูมิทอรีแฟคชั่นสำหรับการทดลองคือ 220, 250 และ 280 องศาเซลเซียส ระยะเวลากระบวนการทอรีแฟคชั่นในการทดลอง คือ 1, 1.5 และ 2 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่าผลกระทบของอุณหภูมิและเวลาของกระบวนการทอรีแฟคชั่นนั้นส่งผลต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเปลือกมะม่วงอัดแท่งในลักษณะแปรผันตรงกัน เมื่ออุณหภูมิและเวลาในกระบวนการทอรีแฟคชั่นเพิ่มขึ้นค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิง (HHV) ก็จะเพิ่มขึ้น และส่งผลกับค่าผลผลิตมวลในลักษณะแปรผกผันกัน คือ เมื่ออุณหภูมิและเวลาในกระบวนการทอรีแฟคชั่นเพิ่มขึ้นค่าผลผลิตมวลของเชื้อเพลิงเปลือกมะม่วงอัดแท่งจะลดลง อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิทอรีแฟคชั่นส่งผลกระทบต่อเชื้อเพลิงเปลือกมะม่วงอัดแท่งมากกว่าระยะเวลาทอรีแฟคชั่น และยังสามารถสรุปได้ว่าช่วงระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสำหรับกระบวนการทอรีแฟคชั่นเชื้อเพลิงเปลือกมะม่วงอัดแท่งควรเป็น 1.5 ชั่วโมง ที่ 250 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง, ทอรีแฟคชั่น, ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

Effect of Torrefaction Process on HHV of Mango Peels Pellet

Kalong Buanak[1], Sanphasit Chonlaphan[1], Narin Koolnapadol[1], Tanawat Srirugsa[2]

[1]Department of Automotive Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanagarindra University

[2]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University

Abstract

This paper describes about improve mango peels to fuel that can store longer and less effect digestion by microorganism. Mango peels from residue of agriculture waste was made to biomass pellet fuel and improved the properties with torrefaction process. Torrefaction temperatures in this research were 220, 250 and 280 °C. The duration of torrefaction process was 1, 1.5 and 2 hours. The results showed that the mass yield of all samples was decreased according to increasing temperature and duration. The high heating value (HHV) was increased according to increasing temperature and duration. However the results showed that torrefaction temperature has more effect on HHV and mass yield than torrefaction duration. The conclusion by analyze the results from experiment data found 250 °C and 1.5 hours is the suitable condition for improve mango peel pellet by torrefaction process.

Keywords: Wood pellet, Torrefaction, High Heating Value

1. บทนำ

ประเทศไทยกำลังประสบวิกฤตการณ์ด้านพลังงาน โดยเฉพาะปัญหาด้านราคาเชื้อเพลิงฟอสซิล ส่งผลให้ทั้งทางภาครัฐและภาคเอกชนหันมาให้ความสนใจกับการประหยัดพลังงานและใช้พลังงานทดแทนมากขึ้น การใช้พลังงานทดแทนเป็นทางเลือกที่เหมาะสมอย่างยิ่งกับประเทศไทยซึ่งมีการเกษตรกรรม การเพาะปลูกและปศุสัตว์เป็นจำนวนมากซึ่งสามารถนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาเปลี่ยนให้เป็นพลังงานได้ [1,2,3] การศึกษาข้อมูลจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน พบว่าจากการประเมินศักยภาพชีวมวลเชิงพื้นที่ของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากพืช 8 ชนิดที่มีศักยภาพสูงของประเทศไทยในปี 2552 ได้แก่ อ้อย ข้าว ถั่วเหลือง ข้าวโพด ปาล์มน้ำมัน มันสำปะหลัง มะพร้าว และไม้ยางพารา และมีปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประมาณ 146 ล้านตัน โดยปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ถูกนำไปใช้เป็นชีวมวลเพียง 60 ล้านตันเท่านั้น (เทียบเป็นค่าพลังงานประมาณ **504,339.40 TJ**) ยังเหลือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ไม่ถูกนำไปใช้เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ในปัจจุบันขยะจากชุมชนมีปริมาณมาก ทำให้เกิดปัญหาในการจัดเก็บขยะ การกำจัด ปัญหากลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ [1]

จังหวัดฉะเชิงเทรา มีเนื้อที่ทั้งหมด 3,344,375 ไร่ พื้นที่ถือครองเพื่อการเกษตร 2,139,272 ไร่ และมีจำนวนครัวเรือนเกษตรกร 63,770 ครัวเรือน หนึ่งในพืชที่ทำการเพาะปลูกกันเป็นจำนวนมากคือ มะม่วง ซึ่งนับเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญ ผลพลอยได้ที่สำคัญนอกเหนือจากผลผลิตการเกษตรก็คือ วัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปมะม่วง เช่น เปลือกมะม่วงซึ่งมีเหลือทิ้งเป็นจำนวนมากและถูกนำไปใช้ทำเพียงปุ๋ยเท่านั้น เปลือกมะม่วงอาจมีศักยภาพที่จะสามารถนำไปใช้ทำเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลได้ หากทำการปรับปรุงคุณภาพของเชื้อเพลิงให้มีความหนาแน่นสูง ค่าความร้อนสูง (เพิ่มค่าพลังงานต่อหน่วยน้ำหนัก) และลดการดูดกลับความชื้นซึ่งทำให้สามารถเก็บรักษาได้ง่ายขึ้น [4]

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเศษวัสดุจากการแปรรูปผลผลิตมะม่วงของอำเภอบางคล้าและอำเภอใกล้เคียง ในจังหวัดฉะเชิงเทรา มาทำการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งและนำไปปรับปรุงคุณสมบัติของเชื้อเพลิงด้วยกระบวนการทอรีแฟคชั่น ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติคล้ายถ่าน สามารถนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวาง เพื่อเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อน ทั้งในระดับครัวเรือนไปจนถึงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ถือได้ว่าเป็นการนำเปลือกมะม่วงซึ่งเป็นขยะเหลือทิ้งจากการเกษตรไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังสามารถเพิ่มรายได้ให้แก่ชุมชนอีกด้วย เนื่องจากเชื้อเพลิงอัดแท่งกำลังเป็นที่ต้องการอย่างมาก และมีต้นทุนในการผลิตต่ำ จึงสามารถทำเป็นอาชีพเสริมหลังจากการทำการเกษตรกรรมได้เป็นอย่างดี ผู้วิจัยจึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและระยะเวลาของกระบวนการทอรีแฟคชั่นต่อค่าพลังงานความร้อน (HHV) และผลผลิตมวลของชีวมวลของเชื้อเพลิงเปลือกมะม่วงอัดแท่งเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการเปลือกมะม่วงเป็นเชื้อเพลิง Pellet torrefied

2. ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ชีวมวล (Biomass)

ชีวมวล หมายถึง “มวลหรือวัสดุที่ได้จากสิ่งมีชีวิต ซึ่งสะสมพลังงานเคมีที่สามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานเชื้อเพลิงและสามารถผลิตขึ้นมาใหม่ได้ ชีวมวลและเชื้อเพลิงฟอสซิลมีที่มาจากแหล่งเดียวกันคือ จากพืชและสัตว์ แต่มีความแตกต่างด้านระยะเวลา” [1] ตัวอย่างของชีวมวล ได้แก่ เศษไม้ ขยะ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรหรือของเหลือจากอุตสาหกรรมและชุมชน เช่น แกลบจากการสีข้าวเปลือก เศษไม้จากอุตสาหกรรมการแปรรูปไม้ ซังข้าวโพดจากการสีข้าวโพด เป็นต้น ซึ่งโดยปกติแล้วจะถูกกำจัดโดยการทำเป็นปุ๋ยหรือทิ้งเป็นขยะหรือเผาทำลาย แต่ด้วยคุณสมบัติของชีวมวลที่มีค่าพลังงานความร้อนสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ ในปัจจุบันจึงมีการส่งเสริมให้ชีวมวลเป็นทางเลือกของแหล่งพลังงานที่สำคัญ

2.2 เชื้อเพลิงอัดแท่ง (Briquetted, Pellet Fuel)

เชื้อเพลิงอัดแท่ง คือเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งที่ได้จากวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำให้เป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นสูง เช่น วัสดุจากการเกษตรต่าง ๆ โดยกระบวนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงทั้งแบบที่ใช้ความร้อน (อัดร้อน) และแบบไม่ใช้

ความร้อน (อัดเย็น) จากนั้นนำวัสดุมาอัดแท่งเชื้อเพลิง จะได้เชื้อเพลิงที่สะดวกสำหรับการนำไปใช้งานและสามารถนำเศษวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ มาอัดแท่งเชื้อเพลิงได้

2.3 กระบวนการทอรีแฟคชั่น

กระบวนการทอรีแฟคชั่น ความหมายตามศัพท์บัญญัติราชบัณฑิตยสถาน สาขาวิชาแพทยศาสตร์ ปรับปรุงวันที่ 6 สิงหาคม 2544 หมายถึง การย่าง หรือการอังไฟให้แห้ง การนำกระบวนการทอรีแฟคชั่นมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด ซึ่งเป็นกระบวนการทางเคมีความร้อน (Thermochemical) ที่อุณหภูมิ 200-300 องศาเซลเซียส ในสภาวะไร้ออกซิเจนหรือสภาวะมีออกซิเจนต่ำ ซึ่งจะเป็นการไล่น้ำออกจากชีวมวล ทำให้ชีวมวลมีคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพดีขึ้น เช่น ค่าความร้อน ความหนาแน่น ปรับปรุงคุณสมบัติของชีวมวลให้สามารถทนความชื้นได้ เป็นต้น [5]

3. วิธีการทดลอง

กระบวนการทอรีแฟคชั่นเป็นกระบวนการทางเคมีความร้อน (Thermochemical) ซึ่งดำเนินภายใต้สภาวะบรรยากาศเฉื่อยหรือสภาวะมีออกซิเจนต่ำ [1,2,3] ในการทดลองนี้อุณหภูมิของกระบวนการทอรีแฟคชั่นแบ่งออกเป็น 220, 250 และ 280 องศาเซลเซียส ระยะเวลากระบวนการคือ 1 ชั่วโมง, 1 ชั่วโมง 30 นาที และ 2 ชั่วโมง เตาทอรีแฟคชั่นในการทดลองเป็นเตาปฏิกรณ์ขนาดเล็กสำหรับห้องปฏิบัติการ คุณสมบัติของเชื้อเพลิงหลังผ่านกระบวนการทอรีแฟคชั่นที่ศึกษา คือ ผลผลิตมวล และ ค่าความร้อน

3.1 การขึ้นรูปเชื้อเพลิง

วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ เปลือกมะม่วงสุก พันธุ์โชคอนันต์ ที่เหลือจากการแปรรูปมะม่วงจากสวนมะม่วงเนรัญชลา อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา ดังรูปที่ 1

เปลือกมะม่วงจะถูกตากแห้งจนน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง จากนั้นจะถูกนำไปบดหยาบ บดละเอียด และขึ้นรูปเป็นเชื้อเพลิงแท่งตะเกียบ (Pelletization, Densification) ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งหลังจากขึ้นรูปเสร็จแล้ววัตถุดิบแล้วจะถูกทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง ก่อนบรรจุใส่ภาชนะร่วมกับสารกันชื้นเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

รูปที่ 1 เปลือกมะม่วงสำหรับการทดลอง

รูปที่ 2 เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกมะม่วง

การทดลองขึ้นรูปเชื้อเพลิงระยะเริ่มต้นจำเป็นจะต้องหาอัตราส่วนน้ำที่ผสมเข้าไปเป็นตัวประสาน ซึ่งชีวมวลแต่ละชนิดจะใช้น้ำในอัตราส่วนไม่เท่ากัน การใส่น้ำมากเกินไปจะทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการขึ้นรูปมากกว่าปกติ หากใส่น้ำน้อยเกินไป เชื้อเพลิงชีวมวลจะไม่ประสานตัวกันและติดอยู่ในแผงแม่พิมพ์ของเครื่องขึ้นรูป เนื่องจากเครื่องอัดที่ใช้ในการขึ้นรูปเป็นเครื่องใหม่ การใส่น้ำในปริมาณน้อยจะทำให้เกิดการอุดตันในแม่พิมพ์ได้ [6] โดยทั่วไปจะผสมในอัตราส่วนเท่ากับ น้ำ 1-2 ลิตรต่อชีวมวล 10 กิโลกรัม และกำหนดให้เชื้อเพลิงที่ขึ้นรูปสำเร็จต้องมีการละลายของลิกนินเคลือบผิวเชื้อเพลิงให้เกิดความเงา ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งจะทำให้เชื้อเพลิงไม่แตกหักเสียหายและเชื้อเพลิงที่มีเคลือบผิวจะไม่เกิดเชื้อรา จึงทำให้ง่ายต่อการเก็บรักษา

3.2 การทอรีแฟคชั่น

หลังจากการขึ้นรูปแล้วเชื้อเพลิงจะถูกนำไปผ่านกระบวนการทอรีแฟคชั่น ซึ่งวัตถุดิบจะถูกบรรจุให้เต็มภายในเตาปฏิกรณ์ขนาดเล็ก (Compact bulk) ก่อนเข้าสู่

กระบวนการทอรีแฟคชั่นที่สภาวะต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สภาวะการทดลอง

อุณหภูมิทอรีแฟคชั่น	ระยะเวลา (ชั่วโมง)		
220 ℃	1.0	1.5	2.0
250 ℃	1.0	1.5	2.0
280 ℃	1.0	1.5	2.0

ขั้นตอนกระบวนการทอรีแฟคชั่น

1. ชั่งน้ำหนักชีวมวลที่บรรจุในเตาปฏิกรณ์ขนาดเล็กได้เต็มพอดีไว้ เพื่อหาน้ำหนักของชีวมวลก่อนผ่านกระบวนการทอรีแฟคชั่น (โดยน้ำหนักของชีวมวลจากเปลือกมะม่วงที่บรรจุในเตาได้เต็มพอดีมีค่าเท่ากับ 120 กรัม)

2. นำเตาปฏิกรณ์ขนาดเล็กที่บรรจุชีวมวลไว้เต็มเข้าสู่เตาควบคุมอุณหภูมิ เพื่อเข้าสู่กระบวนการทอรีแฟคชั่น ซึ่งกำหนดไว้ที่ 220, 250 และ 280 องศาเซลเซียส

3. เริ่มเปิดเตาควบคุมอุณหภูมิและปล่อยก๊าซไนโตรเจนเข้าสู่เตาปฏิกรณ์ทำหน้าที่เป็นก๊าซพาหะ (Carrier gas) ของระบบ เพื่อป้องกันการติดไฟของชีวมวล โดยในงานวิจัยนี้ใช้ก๊าซไนโตรเจน 100 มิลลิลิตรต่อนาที

4. ดำเนินกระบวนการทอรีแฟคชั่นตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ในงานวิจัยนี้ คือ 1 ชั่วโมง, 1 ชั่วโมง 30 นาที และ 2 ชั่วโมง โดยจะเริ่มจับเวลาเมื่ออุณหภูมิถึงอุณหภูมิทดลอง ในระหว่างทำการทดลองจะมีการเก็บค่าอุณหภูมิภายในเตาปฏิกรณ์ตลอดการทดลองเพื่อนำไปศึกษา

5. นำชีวมวลที่ผ่านกระบวนการทอรีแฟคชั่นออกจากเตาปฏิกรณ์เมื่อสิ้นสุดกระบวนการ ทิ้งไว้จนอุณหภูมิของชีวมวลถึงอุณหภูมิห้องและทำการบรรจุตัวอย่างลงในถุงซิปล็อคร่วมกับสารกันความชื้น เพื่อนำไปตรวจสอบค่าพลังงานความร้อนด้วยการใช้บอมแคลอรี่มิเตอร์แบบอัตโนมัติต่อไป

ตัวอย่างที่ได้จากการทดลองแต่ละสภาวะจะถูกเก็บและทดสอบหาผลผลิตมวล (Mass yield) และค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (HHV) เพื่อนำข้อมูลไปใช้วิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมกับแต่ละเชื้อเพลิงต่อไป

4. ผลการทดลอง

การศึกษาผลกระทบของกระบวนการทอรีแฟคชั่นในงานวิจัยนี้ แบ่งผลการทดลองออกเป็น ผลผลิตมวล และค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

4.1 ผลผลิตมวล (Mass yield)

ผลผลิตมวลเป็นสัดส่วนมวลของเชื้อเพลิงก่อนและหลัง สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$\%\ Yield = \frac{Mass\ of\ sample\ after\ \text{Torrefaction}}{Mass\ of\ sample\ before\ \text{Torrefaction}} \times 100 \quad (1)$$

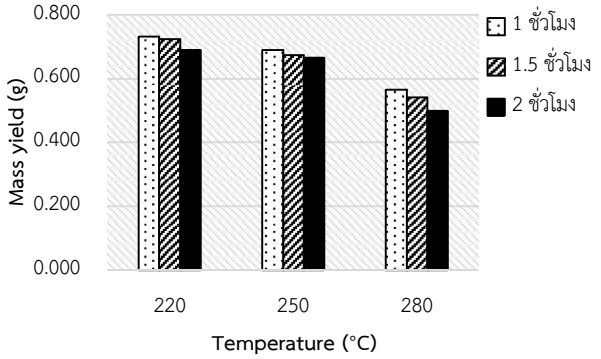
โดยผลผลิตมวล (Mass yield) ของเชื้อเพลิงเปลือกมะม่วงอัดแท่ง ดังแสดงในตารางที่ 2 และ รูปที่ 3

ตารางที่ 2 ผลผลิตมวลของเชื้อเพลิงเปลือกมะม่วงอัดแท่งในสภาวะต่าง ๆ (กรัม)

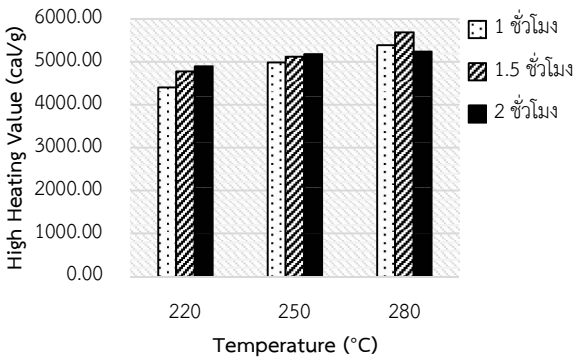
ระยะเวลาทอรีแฟคชั่น	อุณหภูมิทอรีแฟคชั่น		
	220 ℃	250 ℃	280 ℃
1 ชั่วโมง	0.733 g	0.692 g	0.567 g
1.5 ชั่วโมง	0.725 g	0.675 g	0.542 g
2 ชั่วโมง	0.692 g	0.667 g	0.500 g

จากรูปที่ 3 พบว่าเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิของกระบวนการทอรีแฟคชั่นจะส่งผลให้ค่าผลผลิตมวลของเชื้อเพลิงเปลือกมะม่วงอัดแท่งลดลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้เป็นไปตามข้อมูลงานวิจัยงานวิจัยของ D. Medic et al. 2012 [2] พบว่าผลผลิตของแข็ง (ถ่าน) มีแนวโน้มลดลงในขณะที่แก๊สและของเหลวเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในช่วงระหว่าง 250-300 องศาเซลเซียส การสูญเสียของผลผลิตของแข็งมีมากกว่าในช่วงระหว่าง 200-250 องศาเซลเซียสอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นผลมาจากการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลส หากเพิ่มอุณหภูมิการทอรีแฟคชั่นมากขึ้นจะทำให้การสลายตัวของเฮมิเซลลูโลสสูงขึ้น [7] ส่งผลให้ผลผลิตมวลลดลง

นอกจากนี้ระยะเวลาของกระบวนการเองก็มีแนวโน้มในลักษณะเดียวกัน กล่าวคือเมื่อระยะเวลาของกระบวนการทอรีแฟคชั่นเพิ่มขึ้นค่าผลผลิตมวลของเชื้อเพลิงเปลือกมะม่วงอัดแท่งก็จะลดลง



รูปที่ 3 ผลผลิตมวลของเชื้อเพลิงเปลือกมะม่วงอัดแท่ง



รูปที่ 4 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเปลือกมะม่วงอัดแท่ง

จากผลการทดลองสังเกตได้ว่าในการเปรียบเทียบผลกระทบจากอุณหภูมิทอรีแฟคชั่น ค่าผลผลิตมวลจะลดลงในสัดส่วนที่มากกว่าการเปรียบเทียบผลกระทบของเวลาซึ่งเป็นสิ่งที่พิสูจน์ว่าอุณหภูมิทอรีแฟคชั่นมีผลกระทบอย่างมากต่อค่าผลผลิตมวล

4.2 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (High Heating Value, HHV)

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเป็นคุณสมบัติหนึ่งของเชื้อเพลิงชีวมวลซึ่งได้มาจากการทดสอบด้วยเครื่องบอมแคลอรี่มิเตอร์ โดยใช้ตัวอย่าง 5 กรัม ในการทดสอบเพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและระยะเวลาของกระบวนการทอรีแฟคชั่นต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงหลังจากถูกปรับปรุงด้วยกระบวนการทอรีแฟคชั่นแล้ว ผลการทดสอบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงในงานวิจัยนี้ทดสอบโดยศูนย์เครื่องมือวิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเปลือกมะม่วงอัดแท่งในสภาวะต่าง ๆ (แคลอรีต่อกรัม)

ระยะเวลาทอรีแฟคชั่น	อุณหภูมิทอรีแฟคชั่น		
	220 °C	250 °C	280 °C
1 ชั่วโมง	4422.20	4993.60	5394.85
1.5 ชั่วโมง	4797.30	5134.60	5694.75
2 ชั่วโมง	4908.40	5199.10	5259.05

จากรูปที่ 4 สังเกตได้ว่าผลกระทบของอุณหภูมิกระบวนการทอรีแฟคชั่นส่งผลต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงในลักษณะของฟังชั่นที่แปรผันตรงกัน กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิของกระบวนการทอรีแฟคชั่นเพิ่มขึ้นค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงก็เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน เนื่องมาจากกระบวนการทอรีแฟคชั่นจะทำให้อะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้นขณะที่อะตอมของไฮโดรเจนและออกซิเจนลดลง ทำให้อัตราส่วน O/C และ H/C ลดลงเมื่อเทียบกับก่อนเข้ากระบวนการทอรีแฟคชั่น เนื่องมาจากการปลดปล่อยโวลาไทล์ (Volatile) ที่มีออกซิเจนและไฮโดรเจนสูง (น้ำ และ คาร์บอนไดออกไซด์) จึงทำให้พลังงานสูงขึ้น D. Medic et al. 2012 [2]

ผลการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของระยะเวลาทอรีแฟคชั่นต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเปลือกมะม่วงอัดแท่ง มีแนวโน้มเดียวกันกับผลกระทบจากอุณหภูมิทอรีแฟคชั่น กล่าวคือ เป็นฟังก์ชั่นที่แปรผันตรงกันสำหรับการเปรียบเทียบที่อุณหภูมิทอรีแฟคชั่น 220 และ 250 องศาเซลเซียส ระยะเวลาทอรีแฟคชั่นมีผลกระทบค่อนข้างน้อยหากเทียบกับอุณหภูมิทอรีแฟคชั่น

กรณีของอุณหภูมิทอรีแฟคชั่น 280 องสาเซลเซียส จะสังเกตว่าความความร้อนของเชื้อเพลิงลดลงที่ระยะเวลาทอรีแฟคชั่น 2 ชั่วโมง ซึ่งขัดกับแนวโน้มของชีวมวลทั่วไปที่เมื่อเพิ่มระยะเวลาทอรีแฟคชั่นมากขึ้นค่าความร้อนมักจะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน โดยปกติเมื่อมีการใช้อุณหภูมิทอรีแฟคชั่นที่สูงขึ้นจะทำให้องค์ประกอบของ O และ H ลดลง มีผลทำให้สัดส่วนของ O/C และ H/C ลดลงตามไปด้วย เป็นเหตุให้ค่าพลังงานของชีวมวลสูงขึ้น [3]

โดยชีวมวลที่ได้จากพืชถูกแบ่งตามออกเป็น 3 ประเภท คือ พืชใบ ไม้เนื้ออ่อน และไม้เนื้อแข็ง ซึ่งมีแนวโน้มพลังงานสูงขึ้นเมื่อมีการใช้อุณหภูมิทอรีแฟคชั่นสูงขึ้น แต่ในกรณีของเปลือกมะม่วงสุกนั้นอาจมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างออกไปจากพืชทั้ง 3 ประเภทนี้ จึงมีพฤติกรรมที่ต่างออกไป ซึ่งกรณีแบบนี้เคยมีการพบในงานวิจัยอื่น ๆ เช่นกัน

5. สรุปผลการทดลอง

อุณหภูมิทอรีแฟคชั่นส่งผลต่อผลผลิตมวล (Mass yield) ในลักษณะแปรผกผัน กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิทอรีแฟคชั่นสูงขึ้น ผลผลิตมวลจะลดลง ในส่วนของค่าความร้อน มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิทอรีแฟคชั่นในลักษณะที่แปรผันตรงกัน คือ เมื่ออุณหภูมิทอรีแฟคชั่นสูงขึ้นค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเปลือกมะม่วงอัดแท่งจะเพิ่มขึ้น

ผลกระทบของระยะเวลาทอรีแฟคชั่นส่งผลต่อผลผลิตมวลของเปลือกมะม่วงอัดแท่งมีในลักษณะแปรผกผันกัน ในส่วนของค่าความร้อนมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาทอรีแฟคชั่นแบบแปรผันตรงกันเช่นเดียวกัน กล่าวคือเมื่อระยะเวลาทอรีแฟคชั่นเพิ่มขึ้นค่าความร้อนของเชื้อเพลิงก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน ยกเว้นในกรณีของอุณหภูมิทอรีแฟคชั่น 280 องศาเซลเซียส

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาในกระบวนการทอรีแฟคชั่น พบว่าอุณหภูมิมีผลกระทบค่อนข้างมากหากเทียบกับระยะเวลาทอรีแฟคชั่น

ช่วงอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสำหรับกระบวนการทอรีแฟคชั่นในงานวิจัยนี้ พิจารณาจากผลผลิตมวลซึ่งมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาทอรีแฟคชั่น เนื่องจากในช่วงระหว่าง 250-300 องศาเซลเซียส การสูญเสียของผลผลิตของแข็งมีมากกว่าในช่วงระหว่าง 200-250 องศาเซลเซียสอย่างชัดเจน เป็นผลมาจากการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลส [3] ผลผลิตมวลที่ได้จึงมีค่าต่ำ ถึงแม้ที่ 280 องศาเซลเซียสจะมีค่าความร้อนสูงกว่ากรณีอื่น แต่ไม่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ เนื่องด้วยเกิดการสูญเสียมวลเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง ทำให้ผลผลิตที่ได้ลดลงมาก จึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 250 องศาเซลเซียส ซึ่งที่อุณหภูมินี้ระยะเวลา 1.5 ชั่วโมง กับ 2 ชั่วโมง ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงต่างกัน 1.2% เท่านั้น จึงถือได้ว่าระยะเวลา 1.5 ชั่วโมงเป็นระยะเวลาที่เหมาะสม เนื่องจากหากดำเนินกระบวนการทอรีแฟคชั่นเพิ่มอีก 30 นาที จะทำให้สิ้นเปลืองมากเมื่อเทียบกับค่าพลังงานที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ฉะนั้นช่วงอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสำหรับกระบวนการทอรีแฟคชั่นเชื้อเพลิงเปลือกมะม่วงอัดแท่งจึงควรเป็น 250 องศาเซลเซียส และ 1.5 ชั่วโมง

กรณีศึกษาที่ให้ค่าความร้อนมากที่สุดในงานวิจัยนี้เท่ากับ 5694.75 cal/g หรือ 23.83 MJ/kg ซึ่งมีค่าความร้อนมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ฟืนที่ใช้ทั่วไปในชุมชน โดยไม้ฟืนมีค่าความร้อนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 16.0 MJ/kg [1] และเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านไม้ที่มีค่าความร้อนเฉลี่ย 26.9 MJ/kg [1] พบว่าเชื้อเพลิงชีวมวลเปลือกมะม่วงอัดแท่งมีค่าความร้อนน้อยกว่าประมาณ 11.41% จึงสรุปได้ว่าเชื้อเพลิงชีวมวลเปลือกมะม่วงอัดแท่งที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยกระบวนการทอรีแฟคชั่นมีศักยภาพในการเป็นเชื้อเพลิงเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนสำหรับชุมชน

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ งบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2559

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, “คู่มือการฝึกอบรมหลักสูตรพลังงานทดแทนสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารทั่วไป,” 2558.

[2] Demirbas A, Biofuels, “Springer,” London, UK, 2009.

[3] Dorde Medic, “Investigation of torrefaction process parameter and characterization of torrefied biomass,” Graduate thesis and Dissertations Iowa state university, 2012.

[4] สำนักงานเกษตรจังหวัดฉะเชิงเทรา, วิธีสืบค้นวัสดุสารสนเทศ, [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: http://www.chachoengsao.doae.go.th/home.html.

[5] นิมิต นิพัทธ์ธรรมกุล, “Innovation Trend,” วิธีสืบค้นวัสดุสารสนเทศ, [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก : http://www.nia.or.th/innolinks/page.php?issue=201406&section=6.

[6] Jens K. Holm, Ulrik B. Henriksen, Johan E. Hustad and Lasse H, “Toward an Understanding of Controlling Parameters in Softwood and Hardwood Pellets Production,” Energy & fuels, ACS Publications, 2006.

[7] Basu P, “Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design,” Academic Press, Burlington, MA, 2010.