รายงานวิจัย

เชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

Green Fuel from Durian Peel with Canned Fish Industry Fat Scum

วาริษา วาแม

เอกชัย สิงหเดช

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2565

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

รายงานวิจัย

เชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

Green Fuel from Durian Peel with Canned Fish Industry Fat Scum

วาริษา วาแม

เอกชัย สิงหเดช

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2565

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

หัวข้อวิจัย เชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง
ชื่อผู้วิจัย วาริษา วาแม
เอกชัย สิงหเดช
คณะ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
ปีงบประมาณ 2565

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง มีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋องในสัดส่วนวัตถุดิบเปลือกทุเรียน : กากไขมันต่างๆ กัน 5 สูตร ได้แก่ สูตร T1 (1 : 0) สูตร T2 (1 : 0.5) สูตร T3 (1 : 1) สูตร T4 (1 : 1.5) และสูตร T5 (0.5 : 1) โดยมีแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน จากนั้นศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตได้ และประเมินความคุ้มค่าในการผลิต พบว่า เชื้อเพลิงทั้ง 5 สูตร สามารถขึ้นรูปเป็นเชื้อเพลิงเขียวได้ โดยมีค่าความชื้น ใน ในช่วงร้อยละ 6.84-7.15 มีปริมาณสารระเหยได้อยู่ในช่วงร้อยละ 55.69-58.38 ปริมาณเถ้าลดลงในตัวอย่างที่มีปริมาณกากไขมันเพิ่มขึ้น และมีปริมาณคาร์บอนคงตัวใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วงร้อยละ 32.40-33.91 ขณะที่ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเขียว แปรผันตามปริมาณกากไขมันที่เพิ่มขึ้น โดยสูตร T2-T5 มีค่าความร้อนสูงกว่า 5,000 แคลอรี่ต่อกรัม ซึ่งเป็นไปตามค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238-2547) กำหนดไว้ นอกจากนี้ เชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตทั้ง 5 สูตร ยังมีความหนาแน่นมากกว่า 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีดัชนีแตกร่วนที่สูง ใกล้เคียง 1 แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างเชื้อเพลิงเขียวมีการจับตัวกันและทนต่อการแตกหักได้ดี อีกทั้งเชื้อเพลิงเขียวมีประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนที่สูงขึ้นตามปริมาณกากไขมันที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ปริมาณกากไขมันที่เพิ่มขึ้น ทำให้แท่งเชื้อเพลิงมีความนิ่มมาก ส่งผลให้การอัดแท่งยากขึ้นด้วย และสำหรับต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงเขียว 10 กิโลกรัม มีต้นทุนเริ่มต้นประมาณ 24,520 บาท โดยเป็นต้นทุนคงที่เป็นหลัก ซึ่งจะมีจุดคุ้มทุนที่ 123 กิโลกรัม

คำสำคัญ : เชื้อเพลิงเขียว เปลือกทุเรียน กากไขมัน อุตสาหกรรมปลากระป๋อง

Research Title	Green Fuel from Durian Peel with Canned Fish Industry Fat Scum
Researches	Warisa Wamae
	Ekachai Singhadet
Faculty	Faculty of Science Technology and Agriculture
University	Yala Rajabhat University
Year	2022

ABSTRACT

This research was about the production of green fuel from durian peel and canned fish industry fat scum. The green fuels were produced by 5 treatments in different ratios of durian peel: fat scum, that is, T1 (1:0), T2 (1:0.5), T3 (1:1), T4 (1:1.5), and T5 (0.5:1). Tapioca starch was used as a binder. The properties of the fuels were determined, and the cost-effectiveness of production was evaluated. The results show that all five treatments are able to form green fuels. Moisture content was in the range of 6.84–7.15%. Volatile matters were in the range of 55.69–58.38. The ash content decreased in the samples, while the fat scum increased. The fixed carbon content was similar in all treatments; it was in the range of 32.40–33.91%. The heating value varied according to the increasing fat scum content, which is why the heating values of T2-T5 were higher than 5,000 cal/g as specified by the community product standards for fuel briquettes 238/2547. All treatments had densities greater than 600 kg/m3, and the fracture index was close to one. That shows the samples had good adhesion. The thermal performance of the fuels was also increased in the samples where the fat scum increased. However, the increasing fat scum made the fuel very soft and difficult to form into briquettes. The fuel production costs for 10 kg were about 24,520 THB. That was mainly from fixed costs. The break-even point was 123 kg.

Keywords : Green fuel, durian peel, fat scum, sanned fish industry

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีจากความอนุเคราะห์ของโรงงานอุตสาหกรรมปลากระป๋อง บริษัทโรแยลฟู้ด จ.ปัตตานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างกากไขมันในการศึกษาวิจัย และผู้ประกอบการทุเรียนในจังหวัดยะลา ที่ให้ความอนุเคราะห์เปลือกทุเรียน และขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยที่ร่วมดำเนินงานให้แล้วเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์การเรียนรู้แม่ลาน มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่อำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ในการทดลอง

ขอขอบคุณงบประมาณสนับสนุนในการจัดทำวิจัยจากงบประมาณบำรุงการศึกษา ประจำปี 2565 มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

หากมีข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องประการใด ผู้วิจัยขออภัยและขอน้อมรับคำเสนอแนะ เพื่อปรับปรุงและพัฒนาต่อไป

วาริษา วาแม
เอกชัย สิงหเดช

YALA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	13
3.1 วัสดุ/อุปกรณ์	13
3.2 วิธีการ/วิธีทดลอง/ทดสอบ	14
3.3 การเก็บรวมรวมข้อมูล	15
3.4 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับ กากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง	19
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	19
3.6 ระยะเวลาการวิจัย	20
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	21
4.1 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	21
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	35
5.1 สรุป	35
5.2 ข้อเสนอแนะ	36

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก	39
ประวัติผู้วิจัย	46

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
YALA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล	5
2.2	คุณลักษณะที่ต้องการของเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทไม่ได้ทำจากไม้และประเภทไม่ได้ทำจากไม้ทั้งหมด	6
2.3	ปริมาณผลผลิตทุเรียนของจังหวัดยะลา ในช่วงปี พ.ศ. 2560 - 2564	8
4.1	คุณสมบัติของเปลือกทุเรียนและกากไขมันจากอุตสาหกรรมปลากระป๋อง	23
4.2	คุณสมบัติของเชื้อเพลิงเขียว	25
4.3	น้ำหนักของเชื้อเพลิงเขียวทั้ง 5 สูตร ที่ตากแดดเป็นเวลา 5 วัน	26
4.4	คุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงเขียว	30
4.5	ค่าประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนของเชื้อเพลิงเขียว	32
4.6	แสดงลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเขียวสูตรต่างๆ	33
4.7	ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋องตามรูปแบบของการศึกษาวิจัย	34

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 เปลือกทุเรียนจากร้านค้าแบบแกะเฉพาะเนื้อทุเรียนในจังหวัดยะลา 9

2.2 กากไขมันจากบ่อดักไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง 10

4.1 การเตรียมเปลือกทุเรียน ก) เปลือกทุเรียนสดหั่น ข) เปลือกทุเรียนที่ผ่านการอบแห้ง ค) เปลือกทุเรียนที่บดละเอียด 21

4.2 กากไขมันจากบ่อดักไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋องที่นำมาเป็นวัตถุดิบผสมเชื้อเพลิงเขียว 22

4.3 การเตรียมแป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งเปียกเพื่อใช้เป็นตัวประสานเชื้อเพลิงเขียว 22

4.4 เชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋องทั้ง 5 สูตร 24

4.5 น้ำหนักของเชื้อเพลิงเขียวที่ตากแดดเป็นเวลา 5 วัน 26

4.6 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงเขียวสูตรต่างๆ 27

4.7 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณสารระเหยได้ของเชื้อเพลิงเขียวสูตรต่างๆ 27

4.8 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงเขียวสูตรต่างๆ 28

4.9 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงเขียวสูตรต่างๆ 29

4.10 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเขียวสูตรต่างๆ 29

4.11 การทดสอบการต้มน้ำเพื่อหาประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงเขียว 31

4.12 แสดงเวลาและอุณหภูมิของการต้มน้ำด้วยเชื้อเพลิงสูตรต่างๆ 32

4.13 ลักษณะเถ้าของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง 33

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบัน ความต้องการพลังงานของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยแหล่งเชื้อเพลิงที่ยังคงใช้กันมากที่สุด คือ ฟอสซิล ได้แก่ น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ ซึ่งจัดเป็นเชื้อเพลิงสิ้นเปลือง ที่มีปริมาณลดน้อยลงและมีแนวโน้มจะหมดไปในอนาคต การหาแหล่งพลังงานทดแทนที่เป็นพลังงานหมุนเวียน จึงเป็นสิ่งที่กำลังได้รับความสนใจในวงการพลังงาน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานชีวมวล เป็นต้น สำหรับศักยภาพของประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรม ควบคู่กับการพัฒนาอุตสาหกรรม วัสดุเหลือทิ้งจากทั้ง 2 แหล่งที่มีปริมาณมาก จึงเป็นสิ่งที่ควรให้ความสำคัญ ในการจัดการและกำจัดอย่างถูกต้อง

สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ เป็นพื้นที่อุดมสมบูรณ์ด้วยทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะพืชพันธุ์ผลไม้ ที่มีออกตามฤดูกาลจำนวนมาก โดยเฉพาะในช่วงกลางปี เป็นฤดูกาลทุเรียนสายพันธุ์ต่างๆ ออกสู่ท้องตลาดจำนวนมาก มีทั้งการบริโภคและแปรรูปในพื้นที่ และส่งออกสู่ตลาดทั่วประเทศและต่างประเทศ ซึ่งจากการจำหน่ายเพื่อบริโภคในพื้นที่ พบว่า มีเปลือกทุเรียนเกิดขึ้นจำนวนมาก เป็นปัญหาในการกำจัดสำหรับเกษตรกรและผู้ขาย โดยได้มีความพยายามในการศึกษาวิจัยการแปรรูปเปลือกทุเรียนในหลากหลายรูปแบบ เช่น ถ่านอัดแท่ง การทำปุ๋ย พลาสติกชีวภาพ แปรรูปเป็นส่วนผสมในอาหาร เป็นต้น ทั้งนี้ เพื่อความมั่นคงด้านพลังงาน จึงได้มีแนวคิดในการแปรสภาพเปลือกทุเรียนให้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการผลิตไฟฟ้า ด้วยการทำเชื้อเพลิงเขียว

การผลิตเชื้อเพลิงเขียว เป็นการผลิตเชื้อเพลิงโดยใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติมาบดสับและอัดขึ้นรูป โดยไม่ผ่านกระบวนการแปลงสภาพทางความร้อน เป็นวิธีที่สามารถผลิตได้ง่าย โดยทั่วไปมักมีตัวประสานเพื่อให้วัสดุจับตัวและขึ้นรูปได้ อาจใช้ยางที่มีอยู่ในวัสดุธรรมชาติที่จะนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงเขียว หรือใช้แป้งมันเป็นตัวประสาน วัตถุดิบที่นำมาผลิต สามารถใช้วัตถุดิบชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกัน แล้วแต่วัตถุดิบที่มีและหาได้ในแต่ละพื้นที่ หรือตามคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ต้องการ ทั้งนี้ ด้วยพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ มีทรัพยากรที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ ทรัพยากรทางทะเล ทำให้มีโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเล เช่น โรงงานอุตสาหกรรมปลากระป๋องตั้งอยู่หลายแห่ง และปัญหาหนึ่งของอุตสาหกรรมประเภทนี้คือ ปริมาณน้ำมันและไขมัน หรือเรียกรวมกันว่ากากไขมัน จากกระบวนการทำความสะอาดวัตถุดิบที่ไหลรวมออกมากับน้ำเสีย ทำให้ต้องมีการกำจัดกากไขมันเหล่านี้ออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อให้การบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพ ซึ่งกากไขมันที่ถูกกำจัดออกดังกล่าว ยังคงเป็นปัญหาในการจัดการและกำจัด เนื่องจากมีปริมาณมากและยังไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง โดยส่วนใหญ่จะกองทับถมไว้ในบริเวณใกล้เคียงระบบบำบัดน้ำเสีย ก่อให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมบริเวณโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ส่งกลิ่นเหม็น และภาพลักษณ์บริเวณระบบบำบัดน้ำเสียไม่สวยงาม

โครงการวิจัยนี้ เล็งเห็นคุณค่าของวัสดุเหลือทิ้งทั้ง 2 ส่วน ได้แก่ เปลือกทุเรียน ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และกากไขมัน ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม จึงมีแนวคิดในการนำวัตถุดิบดังกล่าวมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงเขียว โดยใช้แป้งมันเป็นตัวประสาน และกากไขมันจะเป็นส่วนช่วยให้การผสม

ของวัตถุดิบเชื้อเพลิงเข้ากันได้ง่ายขึ้น ทั้งยังอาจสามารถเพิ่มค่าความร้อนแก่แท่งเชื้อเพลิง เนื่องจากไขมันให้พลังงานสูง จึงมีความเป็นไปได้ในการนำเชื้อเพลิงเขียวที่ได้จากเปลือกทุเรียนและกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋องนี้ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงทดแทนหรือเสริมวัตถุดิบป้อนสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลต่อไปได้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

1.2.3 เพื่อประเมินความคุ้มค่าในการจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากภาคการเกษตรและภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่โดยการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิง

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ตัวแปรในการวิจัย ได้แก่

- ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ปริมาณกากไขมันจากอุตสาหกรรมปลากระป๋อง
- ตัวแปรตาม ได้แก่ คุณสมบัติของเชื้อเพลิงเขียว
- ตัวแปรควบคุม ได้แก่ สัดส่วนของเปลือกทุเรียน พันธุ์และความแก่ของเปลือกทุเรียน แหล่งที่มาของอุตสาหกรรมปลากระป๋อง สัดส่วนของตัวประสาน กระบวนการผลิตและการอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียว

1.3.2 พื้นที่วิจัย ได้แก่

- รวบรวมตัวอย่างวัตถุดิบเปลือกทุเรียนในพื้นที่อำเมืองยะลา จังหวัดยะลา
- รวบรวมตัวอย่างกากไขมันจากอุตสาหกรรมปลากระป๋องในเขตนิคมอุตสาหกรรม อำเภอเมืองปัตตานี จังหวัดปัตตานี

1.3.3 หาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมัน

1.3.4 วิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของวัตถุดิบและเชื้อเพลิงเขียว ได้แก่ ค่าความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารที่ระเหยได้ คาร์บอนคงตัว ค่าความร้อน ดัชนีแตกร่วน ความหนาแน่น และประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงเขียว

1.3.5 คำนวณต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรม

1.3.6 ระยะดำเนินงานวิจัย

1 พฤศจิกายน 2564 – 31 สิงหาคม 2565

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าชีวมวลได้

1.4.2 กำจัดวัสดุเหลือทิ้งจากภาคการเกษตรและภาคอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน

1.4.3 สร้างความมั่นคงด้านพลังงานในรูปแบบพลังงานชีวมวล

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

เปลือกทุเรียน หมายถึง เปลือกทุเรียนแก่จัดพันธุ์หมอนทอง

กากไขมัน หมายถึง น้ำมันและไขมันจากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปปลากระป๋องที่ถูกรวบรวมลงสู่บ่อดักไขมันของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน

YALA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 เชื้อเพลิงเขียว

เชื้อเพลิงเขียว (Green Fuel) เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากการขึ้นรูปวัสดุชีวมวลหรือวัสดุทางการเกษตรให้เป็นแท่งโดยไม่ใช้ความร้อน แต่อาศัยความเหนียวของยางและความชื้นที่มีอยู่ในวัสดุที่นำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงเขียวเป็นตัวประสาน แล้วนำตากแดดให้แห้ง ใช้ประโยชน์แทนฟืน ถ่าน เศษไม้ แก๊สหุงต้ม วัสดุทางการเกษตรที่มีการนำมาผลิตเชื้อเพลิงเขียว เช่น ชานอ้อย ผักตบชวา ขุยมะพร้าว เปลือกผลไม้ เป็นต้น

การผลิตเชื้อเพลิงเขียว มีขั้นตอนหลักๆ 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การเตรียมวัตถุดิบ คือการลดขนาดด้วยเครื่องบดให้ได้ขนาดสม่ำเสมอ และใช้กาวหรือตัวประสานเพื่อให้เชื้อเพลิงยึดติดกันแน่น 2) การผสมวัตถุดิบและตัวประสานให้เข้ากัน 3) การนำวัตถุดิบและตัวประสานที่ผสมเข้ากันแล้วเข้าเครื่องอัดแท่ง ซึ่งหลังจากได้เชื้อเพลิงเขียวแล้วต้องมีการทำให้แห้งหรือการไล่ความชื้นเพื่อป้องกันการเกิดรา และเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ให้ได้ความร้อนที่สูง จากนั้นสามารถตัดให้เป็นแท่งเพื่อความสวยงามและสะดวกในการบรรจุหีบห่อต่อไป

2.1.2 วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและอุตสาหกรรม

ปัจจุบันวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรมีปริมาณและจำนวนมากขึ้นไม่ว่าจะเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยตรง และจากอุตสาหกรรมเกษตรต่างๆ ในภาคอุตสาหกรรม แต่ละปีทั่วโลกจะมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประมาณ 10 – 50 ล้านตัน/ปี และมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ พืชเกษตรเหล่านี้ประกอบไปด้วย เส้นใยปาล์ม ฟางข้าว ซังและลำต้นข้าวโพด ลำต้นมันสำปะหลัง ชานอ้อย เปลือกและลำต้นถั่วต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งวัสดุเหล่านี้ส่วนใหญ่มีประโยชน์มากมาย หากนำมาเป็นวัตถุดิบเพื่อใช้ทดแทนและยังเป็นการลดปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรอีกทางหนึ่งด้วย จากการศึกษาความเป็นไปได้ของวัสดุประเภททางการเกษตรโดยเฉพาะวัสดุที่ประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ เช่น เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses) และลิกนิน (lignin) ซึ่งสารประกอบดังกล่าวนี้ โดยเฉพาะเซลลูโลส มีปริมาณที่สูงถึงร้อยละ 60 – 80 ของสารประกอบทั้งหมดมีความเหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นแผ่นฉนวนกันความร้อนได้เป็นอย่างดีมีน้ำหนักเบา สามารถหาวัตถุดิบได้ไม่ยาก ย่อยสลายได้ง่ายด้วยตัวเองและไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ด้วย นอกจากเป็นการส่งเสริมการวิจัยด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่นนั้นๆ และใช้เทคโนโลยีพื้นฐานที่หาได้ภายในประเทศ และยังสามารถทดแทนวัสดุประเภทไม้ในอุตสาหกรรมไม้อัด อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัด (fiberboard industries) และอุตสาหกรรมแผ่นไม้อัดสารแร่ (wood mineral – bonded industries) เพื่อทดแทนไม้ธรรมชาติที่มีปริมาณน้อยลงในปัจจุบัน ซึ่งวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรเหล่านี้มีโครงสร้างส่วนใหญ่ เป็นเซลลูโลส ซึ่งมีปริมาณที่มากสามารถนำไปผ่านกระบวนการขึ้นรูปเป็นแผ่นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ใช้ในงานอุตสาหกรรมต่อไปได้

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เป็นวัสดุที่นิยมนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่เป็นพลังงานทดแทนชนิดหนึ่งที่ โดยนิยมนำมาผลิตเป็นเพลิงอัดแท่งและอัดเม็ดกันอย่างแพร่หลาย โดยวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล

วัสดุ	ความชื้น (%)	เถ้า (%)	สารระเหย (%)	คาร์บอนคงตัว (%)	ค่าความร้อน (cal/g)
ทางมะพร้าว	7.3	76.8	5.3	10.7	4,141
เปลือกมังคุด	5.65	86.55	5.03	2.77	4,348
เปลือกทุเรียน	6.68	88.37	4.57	0.37	3,901
ข้าวฟ่าง	4.31	8.63	68.3	18.23	4051.48
ต้นข้าวโพด	13.32	6.20	64.58	15.90	4313.90
ซังข้าวโพด	4.39	1.03	80.17	14.41	4187.00
กะลามะพร้าว	11.79	0.85	64.03	23.33	4860.48
กะลาปาล์ม	13.00	1.30	64.55	21.05	5072.50
ฟางข้าว	2.86	11.24	65.54	20.26	3503.51
แกลบ	7.27	14.07	60.87	17.79	1009.40
มันสำปะหลัง	31.54	6.22	47.73	14.51	4670.00
เหง้ามันสำปะหลัง	41.98	3.57	41.86	12.59	4368.30
ไมยราบยักษ์	9.25	4.15	64.38	22.22	4556.10
ผักตบชวา	6.47	10.08	67.07	15.70	3492.13
ไม้ยางพารา	3.94	4.54	16.00	73.52	6934.02
ไม้ยูคาลิปตัส	4.30	1.51	79.10	15.09	4436.00
ไม้กระถินยักษ์	9.09	1.03	72.17	17.71	4309.40

ที่มา: เกรียงไกร และคณะ (2554), อัจฉรา และคณะ (2554), สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

2.1.3 การอัดแท่งขึ้นรูป

หลักการผลิตถ่านอัดแท่งมี 2 วิธี ได้แก่

1) การอัดร้อน เป็นการอัดวัสดุโดยที่วัสดุไม่จำเป็นต้องเป็นถ่านมาก่อนเมื่ออัดเป็นแท่งเสร็จแล้ว ค่อยนำเข้าเตาให้เป็นถ่านอีกครั้งหนึ่งวัสดุที่สามารถผลิตโดยวิธีการอัดร้อนขณะนี้มี 2 ชนิด คือ แกลบและ

ขี้เลื่อย เพราะวัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้เมื่อโดนอัดด้วยความร้อนจะมีสารในเนื้อของวัสดุยึดตัวมันเองจึงทำให้สามารถยึดเกาะเป็นแท่งได้โดยที่ไม่ต้องใช้ตัวประสานโดยที่เครื่องอัดต้องเป็นเครื่องอัดชนิดอัดร้อนซึ่งราคาค่อนข้างสูง

2) การอัดเย็น เป็นการอัดวัสดุที่เผาถ่านมาแล้ว แล้วนำมาผสมกับแป้งมันหรือวัสดุประสานอื่นๆ โดยทั่วไปจะเป็นแป้งมันสำปะหลัง ถ้าวัสดุใดมีขนาดใหญ่ เช่น กะลามะพร้าวเมื่อผ่านการเผาแล้วต้องมีเครื่องบดให้ละเอียดก่อน แล้วค่อยนำมาผสมกับแป้งมันและน้ำในอัตราส่วนตามที่ต้องการ เพื่อให้สามารถยึดเกาะกันและขึ้นรูปเป็นแท่งได้ง่าย

2.1.4 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง

โดยทั่วไปเชื้อเพลิงอัดแท่งมีคุณลักษณะคล้ายฟืน มีค่าความร้อนต่ำกว่าถ่านมากเวลาจุดมีควันมาก การประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวลจะใช้องค์ประกอบสำคัญของเชื้อเพลิงซึ่งเป็นหลักในการประเมินคุณภาพ ได้แก่ ความชื้น ปริมาณสารระเหยได้ ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์บอนคงตัว ค่าความร้อน นอกจากนี้ ยังสามารถประเมินลักษณะทางกายภายจากความหนาแน่น และดัชนีการแตกร่วน และประเมินประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนจากการนำเชื้อเพลิงไปต้มน้ำด้วยวิธี Water Boiling Test โดยคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ดังนี้

1. ลักษณะทั่วไป : ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำสม่ำเสมอไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง

2. การใชงาน : เมื่อติดไฟตองไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและกลิ่น

3. ความชื้น : ตองไม่เกินรอยละ 8 โดยน้ำหนัก

4. คาความรอน : ตองไม่นอยกวา 5,000 แคลอรีตอกรัม

และคุณลักษณะที่ต้องการของเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทไม่ได้ทำจากไม้และประเภทไม่ได้ทำจากไม้ทั้งหมด มาตรฐานอุตสาหกรรม เชื้อเพลิงชีวมวลแข็งอัดเม็ด (มอก. 2772-2560) ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะที่ต้องการของเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทไม่ได้ทำจากไม้และประเภทไม่ได้ทำจากไม้ทั้งหมด

คุณลักษณะที่ต้องการ	ชั้นคุณภาพ 1	ชั้นคุณภาพ 2
ความหนาแน่น	ไม่น้อยกว่า 600 kg/m^3	ไม่น้อยกว่า 600 kg/m^3
เส้นผ่านศูนย์กลาง (D)	ตั้งแต่ 6 mm ถึง 25 mm ตามที่ระบุ (ค่าความคลาดเคลื่อน $\pm$ 1 mm ของค่าระบุ)	ตั้งแต่ 6 mm ถึง 25 mm ตามที่ระบุ (ค่าความคลาดเคลื่อน $\pm$ 1 mm ของค่าระบุ)
ความคงทน	ไม่น้อยกว่า 96.0 % w/w ไม่น้อยกว่า 96.0 % w/w	ไม่น้อยกว่า 96.0 % w/w ไม่น้อยกว่า 96.0 % w/w

คุณลักษณะที่ต้องการ	ชั้นคุณภาพ 1	ชั้นคุณภาพ 2
ปริมาณฝุ่น	ไม่เกิน 3.0 % w/w ไม่เกิน 6 % w/w	ไม่เกิน 3.0 % w/w ไม่เกิน 6 % w/w
ความยาวเฉลี่ย	ตั้งแต่ 3.15 mm ถึง 40 mm สำหรับ D ตั้งแต่ 6 mm ถึง 10 mm	ตั้งแต่ 3.15 mm ถึง 40 mm
	ตั้งแต่ 3.15 mm ถึง 50 mm สำหรับ D ตั้งแต่ 12 mm ถึง 25 mm	
ความยาวต่ำสุด	ไม่น้อยกว่า 3.15 mm	ไม่น้อยกว่า 3.15 mm
ความยาวสูงสุด (เฉพาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ตั้งแต่ 6 mm ถึง 10 mm)	ไม่เกิน 45.0 mm	ไม่เกิน 45.0 mm
ความยาวที่เกินกว่า 40 mm	ไม่เกิน 1 % w/w	ไม่เกิน 1 % w/w
ความชื้น	ไม่เกิน 15 % w/w	ไม่เกิน 15 % w/w
ค่าความร้อน	ไม่น้อยกว่า 14.5 MJ/kg	ไม่น้อยกว่า 14.5 MJ/kg
เถ้า	ไม่เกิน 10 % w/w	ไม่เกิน 18 % w/w
สารเติมแต่ง	ไม่เกิน 5 % w/w	ไม่กำหนด
ส่วนประกอบของคลอรีน (Cl)	ไม่เกิน 0.30 % w/w	ไม่เกิน 0.30 % w/w
ส่วนประกอบของกำมะถัน (S)	ไม่เกิน 0.30 % w/w	ไม่เกิน 0.30 % w/w
ส่วนประกอบของไนโตรเจน (N)	ไม่เกิน 2.0 % w/w	ไม่เกิน 2.0 % w/w
ส่วนประกอบของสารหนู (As)	ไม่เกิน 1 mg/kg	ไม่กำหนด
ส่วนประกอบของแคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.5 mg/kg	ไม่กำหนด
ส่วนประกอบของโครเมียม (Cr)	ไม่เกิน 50 mg/kg	ไม่กำหนด
ส่วนประกอบของทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 20 mg/kg	ไม่กำหนด
ส่วนประกอบของตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 10 mg/kg	ไม่กำหนด
ส่วนประกอบของปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.1 mg/kg	ไม่กำหนด
ส่วนประกอบของนิกเกิล (Ni)	ไม่เกิน 10 mg/kg	ไม่กำหนด

2.1.5 ปริมาณเปลือกทุเรียน

ปริมาณผลผลิตทุเรียนในประเทศไทย มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ทั้งนี้เป็นผลมาจากกระแสความนิยมของผู้บริโภคในวงกว้างขึ้น ทั้งในและต่างประเทศ อิทธิพลของสื่อสังคมออนไลน์ ทำให้สามารถซื้อขายได้สะดวกยิ่งขึ้น ความต้องการจึงเพิ่มขึ้นอย่างมาก ส่งผลให้ราคาผลผลิตทุเรียนมีมูลค่าสูง เกษตรกรจึงหันมาปลูกทุเรียนกันมากขึ้นด้วย

ในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ เป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่มีพืชเศรษฐกิจหลักคือ ยางพารา แต่ด้วยสถานการณ์ราคายางตกต่ำ ขณะที่ราคาผลผลิตทุเรียนสูงขึ้น ทำให้เกษตรกรบางรายเปลี่ยนจากพื้นที่สวนยางพารา เป็นการปลูกทุเรียนทดแทนการปลูกยางเพื่อเพิ่มรายได้ และด้วยลักษณะภูมิประเทศที่เหมาะสมในการปลูกทุเรียนคือเป็นพื้นที่ลาดชัน มีป่า แหล่งน้ำ และหุบเขาทะเลหมอก ทำให้ทุเรียนจังหวัดยะลามีลักษณะเนื้อแห้ง เหนียวนุ่ม รสชาติอร่อย ที่มีฉายาว่า “ทุเรียนสะเด็ดน้ำ” ได้รับความนิยมอย่างมาก จากฐานข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พบว่า จังหวัดยะลามีผลผลิตทุเรียนมากที่สุดในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ รองลงมาคือจังหวัดนราธิวาส และปัตตานี ตามลำดับ และเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกทุเรียนมากที่สุด 1 ใน 5 อันดับของประเทศ (5 จังหวัดที่เพาะปลูกทุเรียนมากที่สุด ได้แก่ ชุมพร จันทบุรี ระยอง นครศรีธรรมราช และยะลา) โดยปริมาณทุเรียนในจังหวัดยะลาย้อนหลัง 5 ปี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ปริมาณผลผลิตทุเรียนของจังหวัดยะลา ในช่วงปี พ.ศ. 2560 - 2564

ปี	**ปริมาณผลผลิต (ตัน)**		
	ยะลา	**ปัตตานี**	**นราธิวาส**
2560	13,684	2,553	148
2561	37,653	3,807	15,947
2562	42,053	4,642	14,023
2563	53,023	3,993	9,734
2564	56,695	-	-

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร และพาณิชย์จังหวัดยะลา

จากข้อมูลข้างต้น แสดงให้เห็นว่าทุเรียนเป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัดยะลา ที่มีตลาดทั้งในและนอกพื้นที่ ได้แก่ การบริโภคภายในจังหวัด จังหวัดใกล้เคียง ภูมิภาคอื่นๆ ในประเทศ และการส่งออกต่างประเทศ

ด้วยผลผลิตทุเรียนที่มีปริมาณมาก ผลกระทบที่ตามมาคือ มีวัสดุเหลือทิ้งจากการบริโภคทุเรียนจำนวนมากเช่นกัน วัสดุเหลือทิ้งจากการบริโภคทุเรียน ได้แก่ ส่วนของเปลือกและเมล็ด ซึ่งเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีปริมาณมากที่สุด จากการรวบรวมข้อมูลพบว่า ทุเรียน 1 ผล แบ่งเป็นน้ำหนักของเปลือกทุเรียนประมาณร้อยละ 60-70 ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 30-40 เป็นเนื้อและเมล็ด จะเห็นได้ว่าเมื่อมีผลผลิตทุเรียนเกิดขึ้นมาก เปลือกทุเรียนจึงเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่เกิดขึ้นมากตามไปด้วย โดยมี

ปริมาณมากกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณผลผลิตทุเรียน หากคำนวณปริมาณเปลือกทุเรียนจากผลิตในปี 2564 ที่มีประมาณ 56,695 ตัน พบว่า มีปริมาณ 34,017 – 39,686 ตัน

การบริโภคภายในจังหวัดยะลาเป็นการบริโภค 2 รูปแบบ คือ การซื้อขายแบบเต็มลูกพร้อมเปลือก และการซื้อขายแบบแกะเฉพาะเนื้อทุเรียน ซึ่งหากเป็นร้านค้าที่แกะขายเฉพาะเนื้อทุเรียน จะมีเปลือกทุเรียนเกิดขึ้นรายวันจำนวนมาก ดังแสดงในภาพที่ 4.1 ทั้งนี้ เนื่องจากปริมาณผลผลิตทุเรียนของจังหวัดยะลาไม่ได้มีการบริโภคในพื้นที่เท่านั้น แต่ได้มีการส่งออกไปนอกพื้นที่ด้วย จึงยังไม่มีข้อมูลปริมาณเปลือกทุเรียนที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่จังหวัดยะลา

ภาพที่ 2.1 เปลือกทุเรียนจากร้านค้าแบบแกะเฉพาะเนื้อทุเรียนในจังหวัดยะลา

2.1.6 ปริมาณกากไขมันจากอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

กากไขมันจากอุตสาหกรรมผลิตปลากระป๋อง เป็นส่วนที่เกิดจากกระบวนการต่างๆ ภายในโรงงาน โดยส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการทำความสะอาดวัตถุดิบเป็นหลัก ซึ่งหากมีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ด้วยกระบวนการทอด ก็จะมีน้ำมันจากการทอดรวมเข้าสู่บ่อดักไขมันด้วย แต่ด้วยโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้ทำการศึกษาไม่มีผลิตภัณฑ์ประเภททอด กากไขมันในบ่อดักไขมันจึงเป็นกากไขมันจากวัตถุดิบที่ใช้เท่านั้น กากไขมันจากบ่อดักไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋องมีลักษณะค่อนข้างข้น สีเหลืองอมส้ม กลิ่นคาวปลาชัดเจน มีเศษชิ้นส่วนปลา เศษพลาสติก และอื่นๆ รวมปะปนอยู่ ดังแสดงในภาพที่ 4.2 เมื่อตักออกจากบ่อดักไขมันและกองทิ้งไว้จะมีสีเข้มขึ้นจนเป็นสีน้ำตาลเข้มหรือสีดำ มีลักษณะเหลว และส่งกลิ่นรบกวนเป็นบริเวณกว้าง

โรงงานอุตสาหกรรมปลากระป๋องทั่วไป จะมีไขมันและน้ำมันรวมกันออกมากับน้ำเสียของโรงงาน ซึ่งมีประมาณ 1.14 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุดิบ (Carawan, 1991) จากข้อมูลของโรงงานอุตสาหกรรมที่ทำการศึกษา พบว่า กำลังการผลิตของโรงงาน อยู่ที่ประมาณ 80-100 ตันวัตถุดิบต่อวัน ใช้น้ำในกระบวนการทำความสะอาดวัตถุดิบประมาณ 12 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน โดยวัตถุดิบหลักได้แก่ ปลาซาร์ดีน ประมาณร้อยละ 95 เป็นวัตถุดิบนำเข้าจากประเทศรัสเซีย แต่ด้วยสถานการณ์สงครามในปัจจุบัน จึงเปลี่ยนเป็นปลาซาร์ดีนจากประเทศญี่ปุ่น และปลาแมคเคอเรล ประมาณร้อยละ 5

ดังนั้น ปริมาณน้ำจากกระบวนการผลิต เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมแห่งนี้ ประมาณ 960 – 1200 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีกากไขมันประมาณ 91.2 – 114 กิโลกรัมต่อวัน หรือไม่น้อยกว่า 30 ตันต่อปี ซึ่งถือว่ามีปริมาณมาก และมีค่าใช้จ่ายในการกำจัดสูง โดยกระบวนการในการกำจัดคือ ต้องมีเครื่องรีดไขมันให้เป็นก้อน และจ้างเอกชนนำไปกำจัดที่จังหวัดระยอง โรงงานอุตสาหกรรมไม่สามารถกำจัดเองได้ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายทั้งในการลงทุนเครื่องรีดไขมัน ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และค่าใช้จ่ายในการกำจัด ทำให้ปัจจุบันทางโรงงานยังไม่มีดำเนินการหรือจ้างกำจัดใดๆ เนื่องจากไม่สามารถแบกรับค่าใช้จ่ายได้

ภาพที่ 2.2 กากไขมันจากบ่อดักไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อัจฉรา และคณะ (2554) ได้ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุด โดยผสมแป้งมันสำปะหลังและโมลาสเป็นตัวประสาน ในอัตราส่วนต่างๆ กัน ได้อัตราส่วนที่เหมาะสม 4 อัตราส่วน คือ เปลือกทุเรียน 3 : แป้งมัน 1, เปลือกมังคุด 3 : แป้งมัน 1, เปลือกทุเรียน 3 : โมลาส 2 และ เปลือกมังคุด 3 : โมลาส 2 อัดแท่งด้วยวิธีการอัดแบบเย็น ศึกษาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM หาค่าความร้อน พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งมีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 3,400 – 4,348 cal/g โดยค่าความร้อนจากเปลือกทุเรียนที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานมีค่าสูงที่สุด คือ 4,348 cal/g ซึ่งใกล้เคียงกับค่าความร้อนจากไม้ฟืน แต่มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอไซด์เข้มข้นสูงเกินมาตรฐานอากาศเสียโรงงาน ขณะที่ความเข้มข้นองก๊าซไนโตรเจนและซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน

อามานี และคณะ (2560) ได้พัฒนาถ่านอัดแท่งจากผักตบชวาโดยหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากผักตบชวาต่อกะลามะพร้าว ทดสอบหาค่าสมบัติทางกายภาพของถ่านอัดแท่งจากผักตบชวาเพื่อเปรียบเทียบอัตราการเผาไหม้และค่าความร้อนระหว่างถ่านอัดแท่งจากผักตบชวากับถ่านไม้ในท้องตลาด และนำผักตบชวามาใช้ประโยชน์โดยการผลิตถ่านอัดแท่งใช้ในครัวเรือน มีอัตราส่วนผสมระหว่างผักตบชวาต่อกะลามะพร้าว 5 อัตราส่วน ได้แก่ 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 โดยน้ำหนัก จากการทดลอง

พบว่า ที่อัตราส่วน 50:50 โดยน้ำหนัก เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยมีค่าความร้อน 5,659.45 cal/g ค่าความหนาแน่น 0.701 g/cm3 ค่าดัชนีการแตกร่วนร้อยละเท่ากับ 0.92 ค่าความชื้นร้อยละเท่ากับ 47 และค่าอัตราการเผาไหม้เท่ากับ 1.21 h เมื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนและอัตราการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากผักตบชวากับถ่านไม้จะมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถนำถ่านอัดแท่งนี้ไปประยุกต์ใช้ในการประกอบการต่างๆที่ใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิงได้

สุมินทร์ญา และคณะ (2557) ได้ศึกษาการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวแบบผสมผสานจากผักตบชวาผสมเปลือกมังคุด โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวที่ใช้แป้งมันสำปะหลังและโมลาสเป็นตัวประสาน ที่อัตราส่วนของผักตบชวา : เปลือกมังคุด ที่ 100 : 0, 0 : 100, 90 : 10, 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40, 50 : 50 และ 40 : 60 พบว่า อัตราส่วนของผักตบชวา : เปลือกมังคุด ที่ 0 : 100 มีค่าพลังงานความร้อนสูงสุด คืออยู่ในช่วง 23.10 – 25.17 MJ/kg ปริมาณสารระเหยอยู่ในช่วง 62.4 – 80.1 ค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 843.8 – 915.2 kg/m^3 ปริมาณคาร์บอนคงตัวสูง และปริมาณเถ้าสูงสุดอยู่ในช่วง 6.08 – 6.8

วิสาสินี (2560) ศึกษาสถานการณ์และการดำเนินการการใช้ประโยชน์จากเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดเป็นเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งและปุ๋ย : กรณีศึกษาอำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี โดยเกษตรกรมีความต้องการลดปริมาณเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุด ซึ่งจะมีการใช้ประโยชน์หลักจากปุ๋ย และใช้ประโยชน์รองจากเชื้อเพลิงอัดแท่ง ค่าพลังงานความร้อนจากเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุด มีค่า 15,892 J/g และ 19,875 J/g ตามลำดับ แสดงว่าวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิดมีคุณภาพในการให้พลังงานความร้อนได้ดีเมื่อเทียบกับถ่านอัดแท่ง การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลดทุนการผลิตถ่านอัดแท่ง พบว่า ลงทุนปัจจัยกระบวนการผลิต 125,000 บาท ได้กำไรจำนวน 2,723.80 บาทต่อวัน สามารถคืนทุนได้ใน 46 วัน

ปานใจ และคณะ (2563) ศึกษาการผลิตถ่านชีวภาพและเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียน โดยทำการทดลองเปลือกทุเรียนที่ถูกเตรียมเป็นถ่านและเปลือกทุเรียน บดและผสมกับตัวประสาน คือ กากไขมันจากโรงอาหารของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากการขึ้นรูป โดยอัตราส่วนในการขึ้นรูปที่ 1:1, 2:1, 3:1 จนถึงอัตราส่วนที่ไม่สามารถขึ้นรูปได้ โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างถ่านเปลือกทุเรียน : กากไขมัน และเปลือกทุเรียน : กากไขมัน มีค่าเท่ากับ 3 : 1 และ 5 : 1 ตามลำดับ จากนั้นศึกษาคุณสมบัติทางกายและประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนของถ่านชีวภาพและเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตได้ พบว่าค่าความร้อนมีค่าเท่ากับ 25,996 kJ/kg และ 21,655 kJ/kg และประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนมีค่าเท่ากับ 20.14 และ 16.94 ตามลำดับ ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) ราคาพลังงานของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดมีค่าเท่ากับ 0.31 บาทต่อเมกะจูล และ 1.13 บาทต่อเมกะจูล

กนกวรรณ และคณะ (2562) ศึกษาการนำกากมันสำปะหลังที่เป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการเกษตรมาเป็นตัวประสานร่วมกับผงถ่านจากเปลือกตาลโตนดมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่งและใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นชุดการทดลองควบคุม เพื่อศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของเชื้อถ่านอัดแท่งที่ทำจากวัสดุเหลือทิ้ง ทดสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงและนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) อัตราส่วนของผงถ่านจาก เปลือกตาลโตนด:ตัวประสาน 5 ชุดการทดลองคือ 3:0.5, 3:1.0, 3:1.5, 3:2.0 และ 3:2.5 โดยน้ำหนัก จากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง ผงถ่านจาก

เปลือกตาลโตนด:แป้งมันสำปะหลังและผงถ่านจากเปลือกตาลโตนด:กากมันสำปะหลัง คืออัตราส่วน 3:2.0 และ 3:1.5 มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.48 และ 0.43 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดัชนีการแตกร่วนเท่ากับ 0.84 และ 0.93 ความชื้นเท่ากับร้อยละ 6.62 และ 10.45 ปริมาณสารระเหยเท่ากับร้อยละ 11.82 และ 6.61 ปริมาณเถ้าเท่ากับร้อยละ 0.36 และ 1.22 คาร์บอนคงตัวเท่ากับร้อยละ 81.19 และ 78.70 ค่าความร้อน 5,690 และ 5,241 แคลอรี่ต่อกรัม และประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงร้อยละ 24.60 และ 23.26 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุนชนถ่านอัดแท่งพบว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกตาลโตนดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน สามารถนำไปพัฒนาเพื่อการใช้งานได้

วรกร และคณะ (2556) ศึกษาอิทธิพลของการเติมน้ำและน้ำมันพืช ต่อคุณสมบัติความหนาแน่น ความทนทานทางกล และค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดเม็ดฟางข้าวและใบอ้อยา พบว่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดเม็ดทั้งสองชนิดแปรผกผันกับปริมาณน้ำมันพืชที่เติมเข้าไปในกระบวนการผลิต ปริมาณการเติมน้ำมันพืชร้อยละ 0.83 เชื้อเพลิงอัดเม็ดจากฟางข้าว ความหนาแน่น 493 กิโลกรัมต่อลูกบาศกเมตร ความทนทานทางกลร้อยละ 99.30 เชื้อเพลิงอัดเม็ดจากใบอ้อย ความหนาแน่น 579 กิโลกรัมต่อลูกบาศกเมตร ความทนทานทางกลร้อยละ 99.47 ค่าความรอนของเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากฟางข้าวและใบอ้อยมีคา 13.97 และ 15.93 เมกะจูลตอกิโลกรัม ตามลำดับ

นภาดา วิเชียรพงษ์ และคณะ (2563) ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากขุยมะพร้าวผสมชีวมวลเหลือทิ้ง ทำการผลิตก้อนเชื้อเพลิงด้วยเครื่องอัดเม็ดได้เป็นแท่งเชื้อเพลิงขนาดเล็กที่มีความยาว 1-2 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6 มิลลิเมตร วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิต คือ ขุยมะพร้าว ในอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา นำมาผสมกับวัสดุเหลือใช้ชนิดอื่น ๆ ได้แก่ มูลวัว มูลไก่ มูลเป็ด แกลบ ขี้เลื่อย และใบมะม่วง ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 60 : 40 ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของชีวมวลอัดเม็ดที่ได้ ได้แก่ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ค่าความชื้น ค่าเถ้า ค่าสารระเหย และค่าคาร์บอนคงตัวาพบว่าเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดที่ได้มีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 3,583 – 4,225 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม โดยเมื่อนำขุยมะพร้าวมาใช้ร่วมกับขี้เลื่อยที่อัตราส่วน 60 : 40 และใช้น้ำแป้งเปียกเป็นตัวประสานเพียงอย่างเดียวจะทำให้ได้เชื้อเพลิงอัดเม็ดที่มีค่าความร้อนสูงที่สุด เท่ากับ 4,225 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม นอกจากนี้พบว่าค่าความชื้น และค่าเถ้าของเชื้อเพลิงที่ได้ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง และถ่านไม้หุงต้ม

จากงานที่วิจัยที่ผ่านมา พบว่า มีการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งและอัดเม็ดจากเปลือกทุเรียน และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอยู่แล้วพอสมควร โดยมีทั้งการใช้เปลือกทุเรียน หรือวัตถุดิบเหลือทิ้งการทางการเกษตรอื่นๆ รวมถึงการนำวัตถุดิบเหลือทิ้งทางการเกษตรหลายชนิดร่วมกัน อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบงานวิจัยที่ผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันจากอุตสาหกรรมปลากระป๋อง ซึ่งในบริบทพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ เป็นพื้นที่ที่มีวัตถุดิบ 2 ชนิดนี้อยู่จำนวนมาก และยังคงเป็นปัญหาในการกำจัดสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิดนี้ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญและมีความสนใจในการแปรรูปวัตถุดิบดังกล่าว เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน ซึ่งหากมีความเป็นไปได้ จะส่งผลดีทั้งในแง่การกำจัดวัสดุเหลือทิ้ง และแง่ของการสร้างวัตถุดิบเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับการผลิตพลังงานได้ในระยะยาว สามารถพึ่งพาตนเอง และสร้างความยั่งยืนด้านพลังงานในพื้นที่ต่อไปได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุ/อุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ในการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง ประกอบด้วย

1) เปลือกทุเรียน

2) กากไขมัน

3) แป้งมันสำปะหลัง

4) น้ำ

5) ถาดสแตนเลส

6) ตะแกรงร่อนเบอร์ 20

7) ช้อนตักสาร

8) แท่งแก้วคน

9) บีกเกอร์

10) กระบอกตวง

12) กะละมัง

13) เครื่องบดสับ

14) เครื่องชั่ง

15) เครื่องอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิง

16) ตู้อบลมร้อน

17) เตาเผา

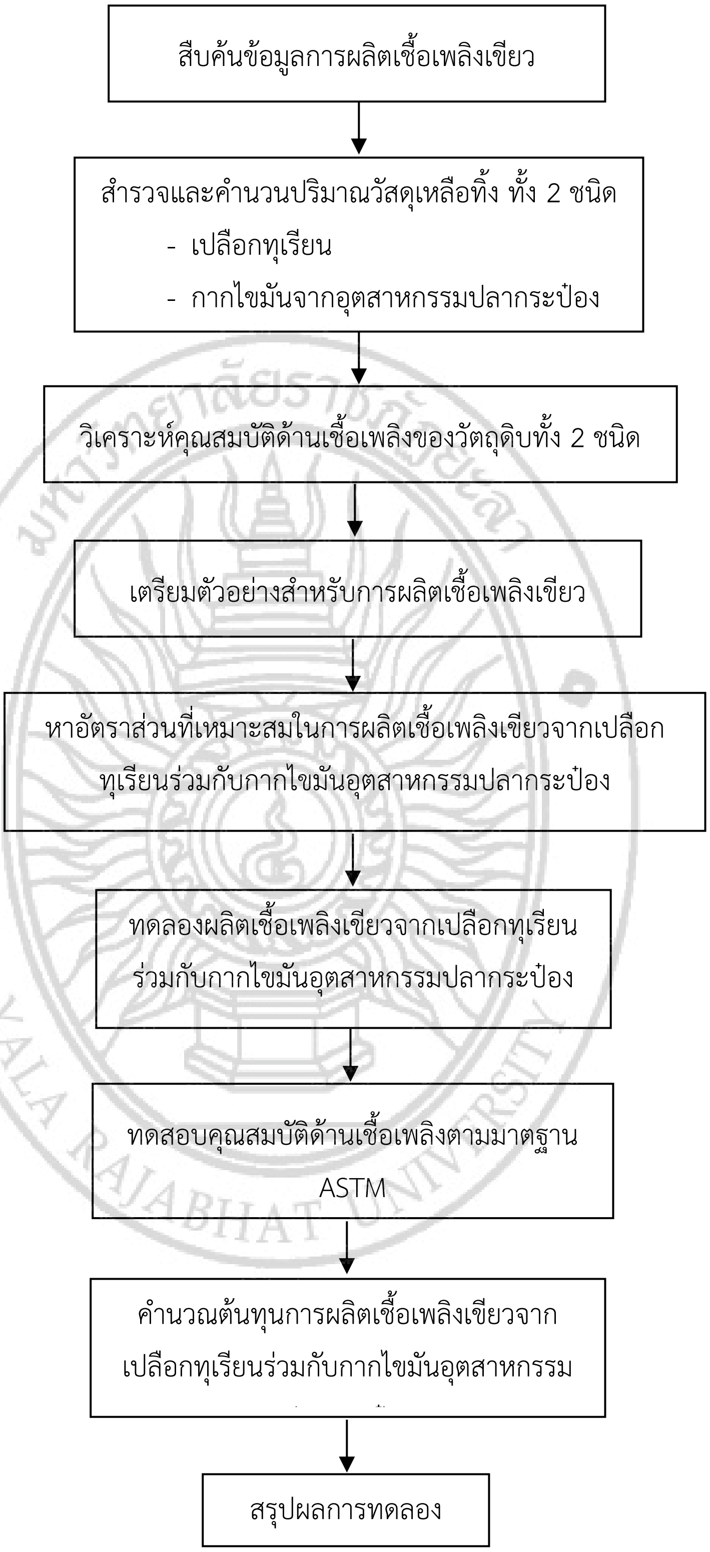
18) โถดูดความชื้น

19) ถุงซิปล็อค

20) ฮีตเตอร์

3.2 วิธีการ/วิธีทดลอง/ทดสอบ

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย สรุปได้ดังนี้



3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณทุเรียนและกากไขมัน

ปริมาณทุเรียน รวบรวมข้อมูลในพื้นที่จังหวัดยะลาจากฐานข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและสำนักงานพาณิชย์จังหวัดยะลา เพื่อดูปริมาณและแนวโน้มของผลผลิตทุเรียนในพื้นที่จังหวัดยะลา และคำนวณปริมาณเปลือกทุเรียนที่เกิดขึ้นตามปริมาณผลผลิตทุเรียน

ปริมาณกากไขมัน รวบรวมข้อมูลจากการลงพื้นที่และสอบถามข้อมูลกำลังการผลิต ชนิดของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ ปริมาณการใช้น้ำ เพื่อคำนวณปริมาณกากไขมันที่เข้าสู่บ่อดักไขมัน จากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตปลากระป๋อง 1 แห่ง ในนิคมอุตสาหกรรมจังหวัดปัตตานี

3.3.2 การเตรียมตัวอย่างและการผลิตเชื้อเพลิงเขียว

3.3.2.1 การเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงเขียว

เตรียมเชื้อเพลิงเขียวในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อหาความเหมาะสมและสามารถขึ้นรูปเป็นเชื้อเพลิงเขียวแท่ง โดยใช้เปลือกของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ที่มีระดับความแก่เหมาะสมสำหรับการบริโภค และใช้กากไขมันที่ตักได้จากบ่อดักไขมันของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตปลากระป๋อง มีการใช้อัตราส่วนผสมระหว่างเปลือกทุเรียน : กากไขมัน ทั้งหมด 5 สูตร ได้แก่

สูตรที่ 1 (T1) เปลือกทุเรียน 1 : กากไขมัน 0

สูตรที่ 2 (T2) เปลือกทุเรียน 1 : กากไขมัน 0.5

สูตรที่ 3 (T3) เปลือกทุเรียน 1 : กากไขมัน 1

สูตรที่ 4 (T4) เปลือกทุเรียน 1 : กากไขมัน 1.5

สูตรที่ 5 (T5) เปลือกทุเรียน 1 : กากไขมัน 2

โดยส่วนผสมเชื้อเพลิงเขียวทั้ง 5 สูตร ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน โดยการเตรียมเป็นแป้งเปียกในอัตราส่วนที่เท่ากันทุกสูตรที่ 5% ของปริมาณเปลือกทุเรียนที่ใช้ในแต่ละสูตร

3.3.2.2 การผลิตเชื้อเพลิงเขียว

การผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง ทำได้โดยนำวัตถุที่เตรียมในข้อ 3.3.2.1 มาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน และอัดขึ้นรูปแบบเย็นด้วยกระบอกอัดให้มีขนาดและความยาวใกล้เคียงกัน จากนั้นน้ำไปตากแดดให้แห้งประมาณ 5 วัน และนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงต่อไป

3.3.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของวัตถุดิบและเชื้อเพลิงเขียว

เปลือกทุเรียนและกากไขมันที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงเขียว ถูกนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงโดยประมาณ (proximate analysis) ได้แก่ ค่าความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารที่ระเหยได้ คาร์บอนคงตัว และค่าความร้อน ขณะที่แท่งเชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง ในอัตราส่วนผสมทั้ง 5 สูตร ถูกนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง ได้แก่ ค่า

ความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารที่ระเหยได้ คาร์บอนคงตัว ค่าความร้อน ดัชนีการแตกร่วน ประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงเขียว และความหนาแน่น ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

3.3.3.1 ความชื้น (moisture content) ตามมาตรฐาน ASTM D 3173-73 ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1) นำถ้วยอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำออกมาทิ้งไว้ให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ (Desiccator) 1 ชั่วโมง

2) ชั่งน้ำหนักถ้วย อบซ้ำอีกจนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่หรือลดน้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัม ใส่ตัวอย่างที่เตรียมไว้ลงในครูซิเบิลประมาณ 1 ± 0.005 กรัม

3) นำไปอบในตู้อบโดยเปิดตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

4) นำครูซิเบิลออกมาทิ้งไว้ให้เย็นในเดสิคเตอร์ 1 ชั่วโมง นำไปชั่งน้ำหนัก

5) นำไปอบซ้ำอีกจนกระทั่งน้ำหนักลดลงน้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัม

6) คำนวณหาปริมาณความชื้นของตัวอย่างระหว่างสองตัวอย่างที่ทำซ้ำ โดยคำนวณด้วยสมการ

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{A-B}{A} \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ A = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

B = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

3.3.3.2 ปริมาณเถ้า (ash) ตามมาตรฐาน ASTM D 3174-73 ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1) บันทึกน้ำหนักครูซิเบิล ที่ทำการเผาที่ 750 องศาเซลเซียส เปนเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งวางไว้ในเดซิคเคเตอร์จนเย็นแล้ว

2) ชั่งตัวอยางจำนวน 1 กรัม บรรจุในครูซิเบิลใสเขาไปในเตาเผา

3) ตั้งอุณหภูมิเตาเผาไว 750 องศาเซลเซียส เปนเวลา 6 ชั่วโมง

4) นำครูซิเบิลออกมาทิ้งไวใหเย็นในเดสิคเคเตอร 1 ชั่วโมง

5) ชั่งน้ำหนักครูซิเบิล บันทึกผล

6) นำไปเผาซ้ำที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียสอีกเปนเวลา 1 ชั่วโมง โดยหากน้ำหนักลดลงไมเกิน 0.5 มิลลิกรัม ถือวาใชได คำนวณหาปริมาณเถา ดังสมการ

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{D}{B} \times 100 \qquad (2)$$

เมื่อ B คือ น้ำหนักอบแหง (oven-dry weight) ของตัวอย่าง (กรัม)

D คือ น้ำหนักของตัวอย่างหลังเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส (กรัม)

3.3.3.3 ปริมาณสารที่ระเหยได้ (volatile matters) ตามมาตรฐาน ASTM D 3175-77 ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1) เปิดเตาเผาให้มีอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

2) บันทึกน้ำหนักครูซิเบิล (หลังการเผาและวางไว้ในเดซิคเคเตอร์จนเย็นแล้ว) ของแต่ละตัวอย่าง

3) ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว (บันทึกน้ำหนักของแต่ละตัวอย่างไว้) ใส่ตัวอยางในครูซิเบิล พรอมทั้งปดฝา

4) นำตัวอย่างเข้าเตาเผาที่ระดับอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที (เริ่มจับเวลาเมื่ออุณหภูมิถึง 900 องศาเซลเซียส)

5) นำครูซิเบิลออกมาวางให้พออุ่นๆ แล้วนำไปวางในเดซิคเคเตอร์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก

6) นำน้ำหนักที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณสารระเหยโดยคำนวณจากดังสมการ

ร้อยละของน้ำหนักส่วนเสีย = $\frac{B-C}{B}\times 100$ (3)

เมื่อ B คือ น้ำหนักแห้ง (oven-dry weight) ของตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)
C คือ น้ำหนักของตัวอย่างหลังเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส (กรัม)

ร้อยละของสารระเหย = $A - D$ (4)

เมื่อ A คือ ร้อยละของน้ำหนักส่วนเสีย
D คือ ร้อยละของความชื้น

3.3.3.4 คาร์บอนคงตัว (fixed carbon) ตามมาตรฐาน ASTM D 3172

การหาปริมาณคารบอนคงตัว เปนการวิเคราะหสวนที่เสถียรของโครงสรางโมเลกุลของเถาลอย ใชวิธีการคำนวณดวยรอยละของผลตางของปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย และปริมาณเถา ดังสมการ

Fixed carbon = 100 - % Moisture content - % Volatile matter - % Ash content (5)

3.3.3.5 ค่าความร้อน (heating value) ตามมาตรฐาน ASTM D 2015-66 ด้วยเครื่อง adiabatic oxygen bomb calorimeter ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1) นำตัวอย่างแต่ละชนิดมาบดด้วยเครื่องบดคลุกเคล้าให้ทั่ว

2) นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3) ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบแล้วประมาณ 1 กรัม ไว้สำหรับตรวจสอบค่าความร้อนใส่ใน oxygen bomb

4) พันลวดยาวประมาณ 10 เซนติเมตรเข้ากับ oxygen bomb เติมลงใน oxygen bomb 1 มิลลิลิตร ปิดปากกระบอก oxygen bomb

5) นำไปอัดออกซิเจนที่ความดัน 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

6) นำ oxygen bomb ใส่ในเครื่อง adiabatic oxygen bomb calorimeter (อุณหภูมิประมาณ 24-25 องศาเซลเซียส) ซึ่งเครื่อง adiabatic oxygen bomb calorimeter นี้มีเครื่องควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติอ่านค่าความร้อนของตัวอย่างที่ได้นี้จะเป็นค่าในขณะที่หา

7) ทำการหาค่าความร้อนของตัวอย่างแต่ละชนิดซ้ำกัน 3 ครั้ง

3.3.3.6 ดัชนีการแตกร่วน ตามมาตรฐาน ASTM D 3038-93 ดังขั้นตอนต่อไปนี้

นำถ่านอัดแท่งใส่ถุงพลาสติก 1 kg แล้วปล่อยจากที่สูง 1.8 m ลงสู่พื้นคอนกรีตซ้ำๆ กัน 3 ครั้งจากนั้นนำไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 20 mm นำส่วนของถ่านอัดแท่งที่เหลือจากการร่อนแล้วไปชั่งน้ำหนัก คำนวณดัชนีแตกร่วนจากสมการ

$$\text{ค่าดัชนีการแตกร่วน} = \frac{W_f}{W_i} \tag{6}$$

เมื่อ W_f คือ น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เหลือจากการทดลอง (กรัม)

W_i คือ น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งก่อนการทดสอบ (กรัม)

3.3.3.7 การหาประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงเขียว ตามวิธีมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547) ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1) นำตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งมา 4 ก้อน ชั่งน้ำหนัก

2) เติมน้ำเปล่า 750 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงไปในหม้ออะลูมิเนียม แล้ววัดอุณหภูมิของน้ำที่อุณหภูมิเริ่มต้น

3) ทำการเผาเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยใช้ไม้เกี๊ยะจุดนำ

4) ทำการต้มน้ำ และอ่านอุณหภูมิทุก 3 นาที

5) บันทึกเวลาที่น้ำมีอุณหภูมิสูงสุด

6) ยกหม้อน้ำลงจากเตาอั้งโล่ทิ้งไว้ในเย็น แล้วชั่งน้ำหนักน้ำที่เหลือ

7) นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้งาน จากสมการ

$$\text{HU} = \frac{[m_1 c(T_1 - T_2) + (m_1 - m_2)L}{MH} \times 100 \tag{7}$$

เมื่อ HU คือ ประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง

m_1 คือ น้ำหนักของน้ำเริ่มต้น (กรัม)

M_2 คือ น้ำหนักของน้ำที่เหลือ (กรัม)

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (1 แคลอรี่ต่อกรัมองศาเซลเซียส)

L คือ ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (540 แคลอรี่ต่อกรัม)

M คือ มวลของเชื้อเพลิงอัดแท่งเริ่มต้น (กรัม)

T_1 คือ อุณหภูมิของน้ำเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)

T_2 คือ อุณหภูมิของน้ำสุดท้าย (องศาเซลเซียส)

H คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง (แคลอรี่ต่อกรัม)

3.3.3.8 ความหนาแน่น หาได้จาก

$$\rho = \frac{m}{v} \tag{8}$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

m คือ มวลของชีวมวลอัดแท่ง (กรัม)

v คือ ปริมาตรของถ่านอัดแท่ง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

3.4 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

ต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋องคำนวณจากต้นทุนทั้งหมดที่ใช้ในการเตรียมและการผลิตเชื้อเพลิงเขียว ได้แก่ ต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปร ค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์ และคำนวณจุดคุ้มทุน จากสมการ

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่}}{\text{กำไรต่อหน่วย}} \tag{9}$$

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ได้ออกแบบและวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial experiment) นำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ทำการทดลอง และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

3.6 ระยะเวลาการวิจัย

กิจกรรม	ระยะเวลาเดือน									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. สืบค้นข้อมูลและกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเขียว										
2. สำรวจและคำนวนปริมาณเปลือกทุเรียนและกากไขมันจากอุตสาหกรรมปลากระป๋อง										
3. เตรียมตัวอย่างสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงเขียว										
4. หาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง										
5. ทดลองผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง										
6. ทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง ตามมาตรฐาน ASTM										
7. คำนวณต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรม										
8. สรุปผลและเขียนรายงาน										

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

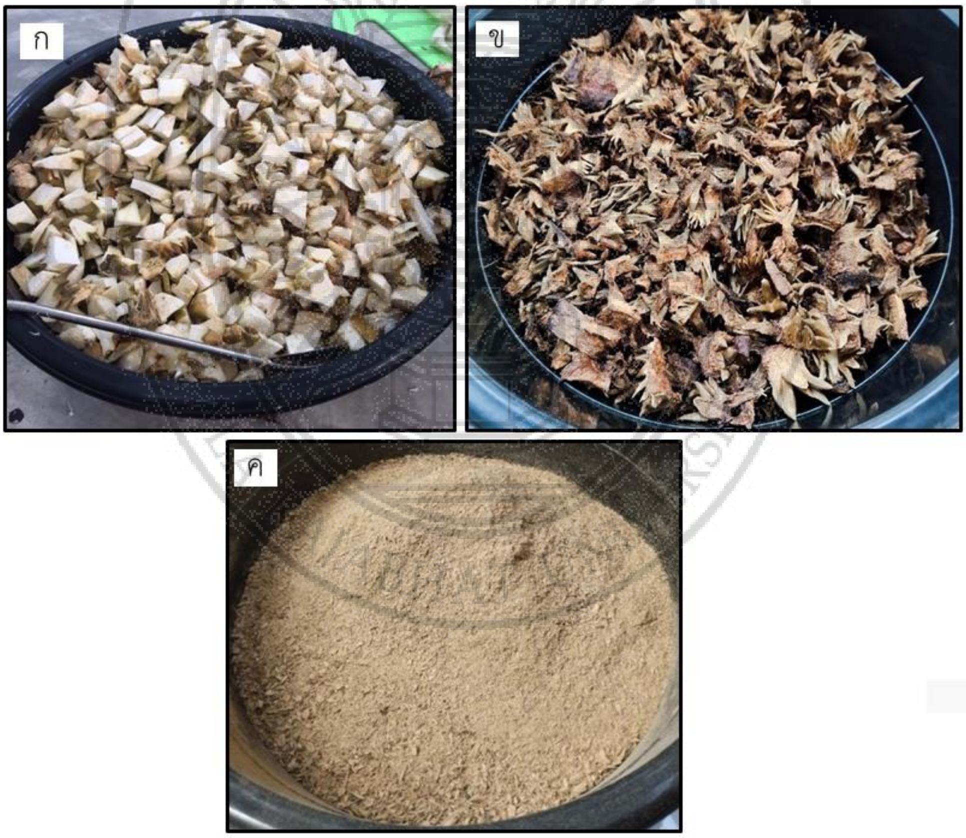
4.1 ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1.1 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงเขียว

การผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง มีการเตรียมวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในอัตราส่วนต่างๆ ระหว่างเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมัน และใช้แป้งมันเป็นตัวประสาน ดังนี้

4.1.1.1 การเตรียมเปลือกทุเรียน

การเตรียมเปลือกทุเรียนเพื่อเป็นวัตถุดิบส่วนผสมในเชื้อเพลิงอัดแท่ง ทำได้โดยการหั่นเปลือกทุเรียนเป็นชิ้น ความหนาประมาณ 1-2 เซนติเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อให้เปลือกทุเรียนแห้งสนิท จากนั้น นำเปลือกทุเรียนที่อบแห้งแล้ว มาปั่นด้วยเครื่องปั่นละเอียด จะได้ตัวอย่างเปลือกทุเรียนที่พร้อมนำไปผสมเป็นเชื้อเพลิงเขียวต่อไป ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 การเตรียมเปลือกทุเรียน ก) เปลือกทุเรียนสดหั่น ข) เปลือกทุเรียนที่ผ่านการอบแห้ง ค) เปลือกทุเรียนที่บดละเอียด

4.1.1.2 การเตรียมกากไขมัน

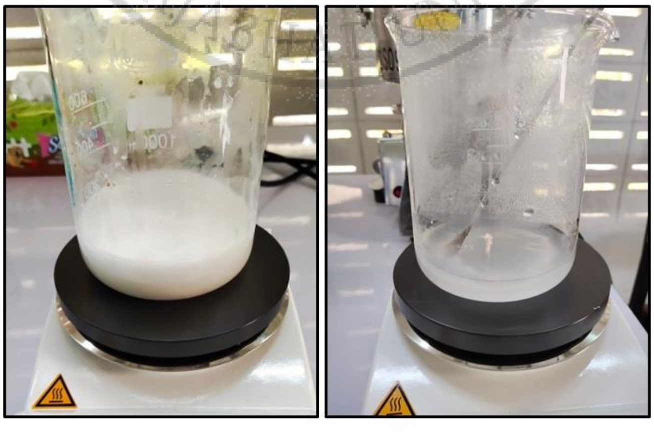
กากไขมันที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงเขียว สามารถนำกากไขมันที่ตักได้จากบ่อดักไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋องที่แยกน้ำและสิ่งเจือปนออกมาเป็นส่วนผสมในเชื้อเพลิง นำมาชั่งตามปริมาณที่ต้องใช้ในแต่ละสูตร ดังภาพที่ 4.2

ภาพที่ 4.2 กากไขมันจากบ่อดักไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋องที่นำมาเป็นวัตถุดิบผสมเชื้อเพลิงเขียว

4.1.2.1 การเตรียมตัวประสาน

การผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมัน จำเป็นต้องมีตัวประสานเพื่อให้ส่วนผสมสามารถจับตัวเป็นแท่งเชื้อเพลิงเขียวได้ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แป้งมันเป็นตัวประสาน โดยใช้แป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนร้อยละ 5 ของปริมาณเปลือกทุเรียนที่ใช้ในแต่ละสูตร ผสมน้ำ และต้มให้ความร้อน จนแป้งสุกใส ดังภาพที่ 4.3

การเตรียมสัดส่วนการเตรียมตัวประสาน เช่น เมื่อใช้เปลือกทุเรียน 500 กรัม จะใช้แป้งมัน 25 กรัม และน้ำ 385 กรัม



ภาพที่ 4.3 การเตรียมแป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งเปียกเพื่อใช้เป็นตัวประสานเชื้อเพลิงเขียว

4.1.2.2 คุณสมบัติของวัตถุดิบเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมัน

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงเขียว ได้แก่ เปลือกทุเรียน และกากไขมัน ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติตามมาตรฐาน ASTM พบว่า ค่าความชื้นของเปลือกทุเรียน มีค่าประมาณร้อยละ 70.32 ขณะที่กากไขมันมีความชื้นเพียง 18.75 ปริมาณสารระเหยของวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณร้อยละ 13.12 และ 14.43 ตามลำดับ ปริมาณเถ้า ประมาณร้อยละ 3.51 และ 0.91 ตามลำดับ ปริมาณคาร์บอนคงตัวประมาณ 7.82 และ 65.22 ตามลำดับ และค่าความร้อนของเปลือกทุเรียนประมาณ 3,600 แคลอรี่ต่อกรัม ขณะที่กากไขมันมีค่าประมาณ 8,459 แคลอรี่ต่อกรัม ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งเมื่อเทียบกับคุณสมบัติของเปลือกทุเรียนที่วิเคราะห์โดยอัจฉรา และคณะ (2554) พบว่า ค่าความชื้น ปริมาณสารระเหย คาร์บอนคงตัว ของเปลือกทุเรียนมีค่าแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของชนิดของเปลือกทุเรียนที่ใช้ในการศึกษา ขณะที่ค่าความร้อนของกากไขมันที่ใช้ศึกษาครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาของวาริษา (2553) ที่มีค่าเฉลี่ยประมาณ 8,739.34 แคลอรี่ต่อกรัม และยังมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันปลา ที่มีค่าความร้อน 8,450 แคลอรี่ต่อกรัม (ศรีสกุล และรณชัย, 2539)

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของเปลือกทุเรียนและกากไขมันจากอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

วัตถุดิบ	คุณสมบัติ				
	ความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณสารระเหย (ร้อยละ)	ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)	ปริมาณคาร์บอนคงตัว (ร้อยละ)	ค่าความร้อน (แคลอรี่/กรัม)
เปลือกทุเรียน	70.32 ±2.70	13.12 ±0.31	3.51 ±0.60	7.82 ±0.59	3,600 ±32.03
กากไขมัน	18.75 ±1.31	14.43 ±0.43	0.91 ±0.02	65.22 ±1.45	8,459 ±43.93

4.1.3 การผลิตและอัตราส่วนที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

การผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง ได้ดำเนินการผสมวัตถุดิบในอัตราส่วนระหว่างเปลือกทุเรียน : กากไขมัน โดยใช้แป้งมันสำปะหลัง ที่สัดส่วนร้อยละ 5 ของน้ำหนักเปลือกทุเรียนเป็นตัวประสาน ทั้ง 5 สูตร ได้แก่

เชื้อเพลิงเขียวสูตร T1 ประกอบด้วยอัตราส่วนเปลือกทุเรียนร้อยละ 100 หรือเปลือกทุเรียน 1 ส่วน : กากไขมัน 0 ส่วน

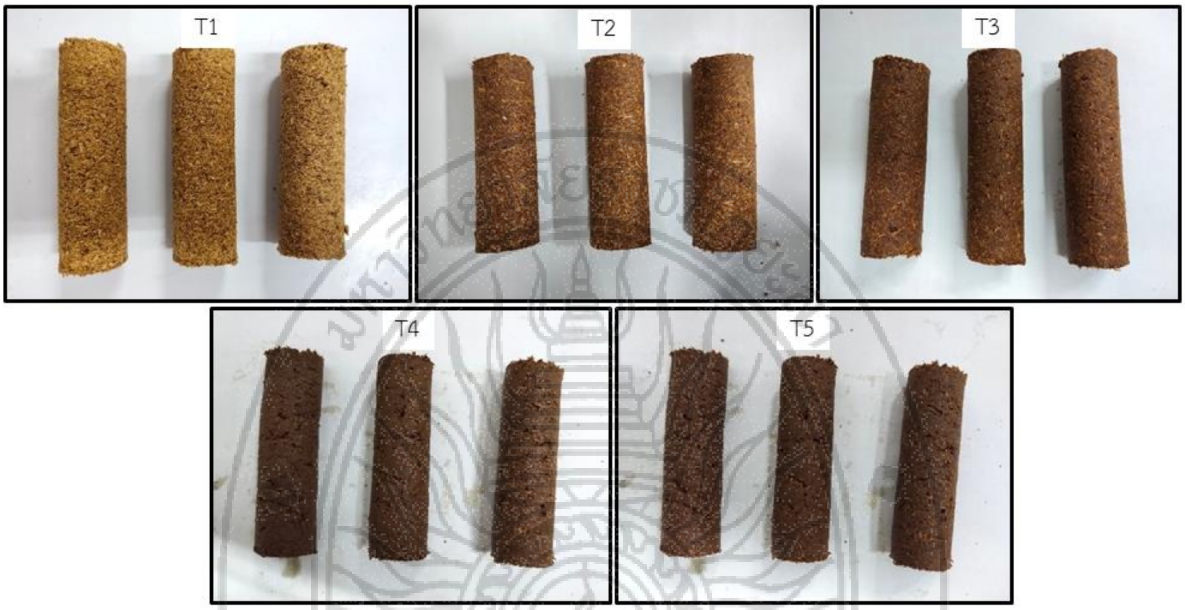
เชื้อเพลิงเขียวสูตร T2 ประกอบด้วยอัตราส่วนเปลือกทุเรียน 1 ส่วน : กากไขมัน 0.5 ส่วน

เชื้อเพลิงเขียวสูตร T3 ประกอบด้วยอัตราส่วนเปลือกทุเรียน 1 ส่วน : กากไขมัน 1 ส่วน

เชื้อเพลิงเขียวสูตร T4 ประกอบด้วยอัตราส่วนเปลือกทุเรียน 1 ส่วน : กากไขมัน 1.5 ส่วน

เชื้อเพลิงเขียวสูตร T5 ประกอบด้วยอัตราส่วนเปลือกทุเรียน 0.5 ส่วน : กากไขมัน 1 ส่วน

ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง ดำเนินการโดยชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนที่กำหนด นำมาคลุกเคล้าให้เข้ากัน และอัดขึ้นรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงด้วยมืออย่างง่ายด้วยท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว โดยใช้แท่งเหล็กในการอัด ให้ได้เชื้อเพลิงเขียวที่มีความยาวแท่งละประมาณ 10 เซนติเมตร ดังภาพที่ 4.4 จากนั้น นำเชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตได้ไปตากแดดเป็นเวลา 5 วัน เพื่อไล่ความชื้น



ภาพที่ 4.4 เชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋องทั้ง 5 สูตร

ลักษณะของเชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตได้จากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋องทั้ง 5 สูตร พบว่า มีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนี้

เชื้อเพลิงเขียวสูตร T1 เป็นเชื้อเพลิงเขียวที่มีส่วนผสมของเปลือกทุเรียน และใช้แป้งมันเป็นตัวประสาน โดยไม่มีส่วนผสมของกากไขมันมีลักษณะแห้งร่วน ทำให้มีแรงเสียดทานสูงในกระบอกอัด การอัดขึ้นรูปจึงค่อนข้างยาก ต้องใช้แรงมากในการอัดและดันออกจากระบอกอัด ลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงเขียวที่ได้ มีสีเหลือง น้ำหนักเบากว่าสูตรอื่นๆ จับตัวเป็นแท่งได้ แต่สามารถแตกได้ง่าย

เชื้อเพลิงเขียวสูตร T2 เป็นเชื้อเพลิงเขียวที่มีส่วนผสมของเปลือกทุเรียน 1 ส่วน : กากไขมัน 0.5 ส่วน และตัวประสาน ส่วนผสมที่ได้มีลักษณะเข้ากันได้ดี แต่ยังมีลักษณะค่อนข้างแห้ง การอัดขึ้นรูปทำได้ง่ายกว่าสูตรที่ T1 เชื้อเพลิงเขียวมีสีเหลืองอมน้ำตาล จับตัวเป็นแท่งได้ค่อนข้างดี

เชื้อเพลิงเขียวสูตร T3 เป็นเชื้อเพลิงเขียวที่มีส่วนผสมของเปลือกทุเรียนและกากไขมันเท่ากัน ที่ 1 : 1 ส่วน และตัวประสาน ส่วนผสมที่ได้มีลักษณะเข้ากันได้ดี จับตัวกันได้ง่าย การอัดขึ้นรูปทำได้ง่าย เชื้อเพลิงเขียวมีสีน้ำตาล

เชื้อเพลิงเขียวสูตร T4 เป็นเชื้อเพลิงเขียวที่มีส่วนผสมของเปลือกทุเรียน 1 ส่วน : กากไขมัน 1.5 ส่วน และตัวประสาน ส่วนผสมเข้ากันได้ง่าย มีลักษณะค่อนข้างนิ่ม การอัดขึ้นรูปใช้แรงน้อยลง แท่งเชื้อเพลิงเขียวที่ได้มีสีน้ำตาลเข้มและค่อนข้างนิ่ม

เชื้อเพลิงเขียวสูตร T5 เป็นเชื้อเพลิงเขียวที่มีส่วนผสมของเปลือกทุเรียน 0.5 ส่วน : กากไขมัน 1 ส่วน และตัวประสาน ส่วนผสมเข้ากันได้ง่าย และมีลักษณะนิ่มมาก อัดขึ้นรูปได้ยาก แท่งเชื้อเพลิงเขียวที่ได้มีสีน้ำตาลเข้มและนิ่มมาก

เมื่อนำเชื้อเพลิงเขียวไปตากแดดครบ 5 วัน พบว่า เชื้อเพลิงเขียวทั้ง 5 สูตร สามารถจับตัวกันเป็นแท่งได้ดี

4.1.4 คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงเขียว

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตได้จากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋องโดยประมาณ (proximate analysis) ตามมาตรฐาน ASTM และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงเขียว

สูตรเชื้อเพลิงเขียว	คุณสมบัติ				
	ความชื้น (%)	ปริมาณสารระเหย (%)	ปริมาณเถ้า (%)	ปริมาณคาร์บอนคงตัว (%)	ค่าความร้อน (แคลอรี่/กรัม)
T1	6.98 ±0.21	55.69 ±0.93	4.06 ±0.40	33.26 ±1.20	4090.67 ±26.02
T2	7.15 ±0.16	56.61 ±1.08	3.16 ±0.32	33.07 ±1.68	5292.33 ±12.52
T3	6.84 ±0.10	56.30 ±1.03	2.95 ±0.29	33.91 ±1.27	5891.00 ±28.15
T4	7.14 ±0.28	58.38 ±1.77	2.08 ±0.21	32.40 ±1.58	6350.00 ±18.52
T5	6.89 ±0.10	58.22 ±1.16	1.98 ±0.20	32.92 ±1.39	6388.67 ±28.09

คุณสมบัติของเชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋องที่ได้ทำการวิเคราะห์ ได้แก่

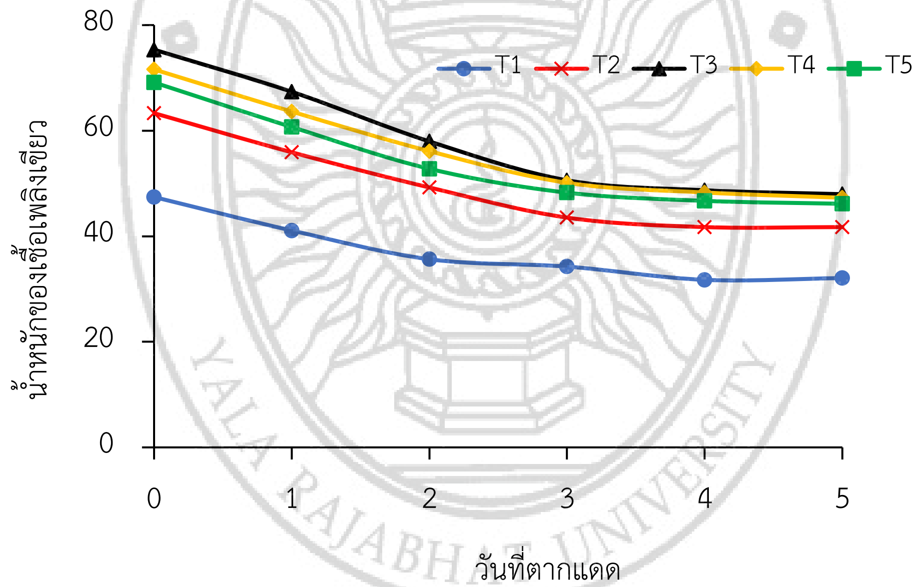
1) ความชื้น (moisture content)

เชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตได้จากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋องที่ผ่านการตากแดดเป็นเวลา 5 วัน พบว่า น้ำหนักของเชื้อเพลิงเขียวทั้ง 5 สูตร ลดลงมากที่สุดในวันที่ 1 และลดน้อยลงในวันที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 โดยในวันที่ 4 และ 5 น้ำหนักของเชื้อเพลิง

เขียวมีค่าใกล้เคียงกัน หรือลดลงเพียงเล็กน้อย ดังแสดงเส้นแนวโน้มการลดลงของน้ำหนักเชื้อเพลิง ในภาพที่ 4.5

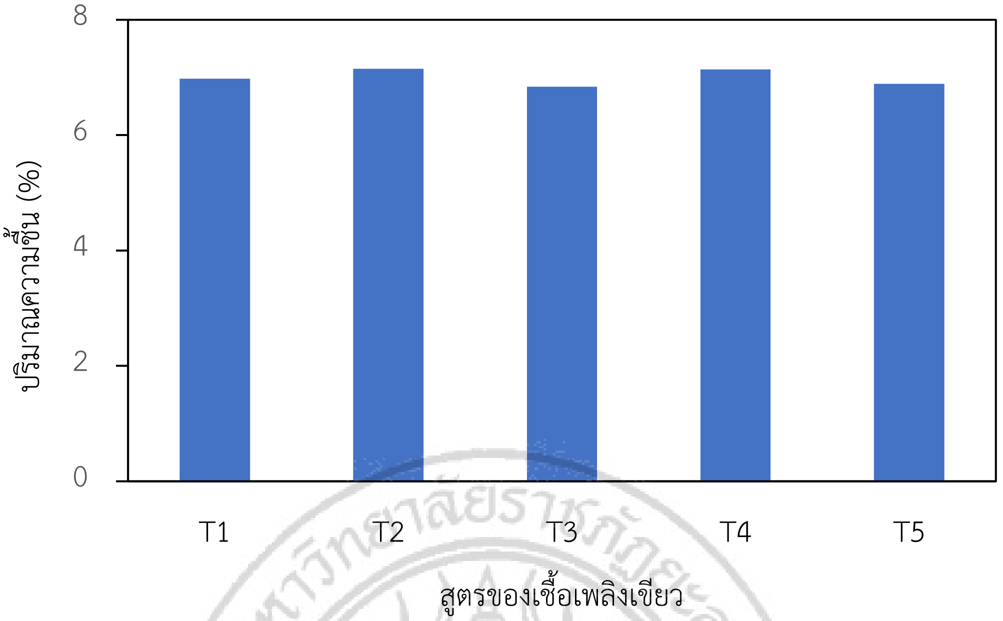
ตารางที่ 4.3 น้ำหนักของเชื้อเพลิงเขียวทั้ง 5 สูตร ที่ตากแดดเป็นเวลา 5 วัน

วันที่ตากแดด	น้ำหนักของเชื้อเพลิงเขียว (กรัม)				
	T1	T2	T3	T4	T5
ก่อนตาก	47.42 ± 1.81	63.31 ±0.44	75.34 ±2.03	71.60 ±2.30	69.13 ±1.77
วันที่ 1	41.08 ±0.29	55.90 ±0.29	67.37 ±2.46	63.61 ±2.63	60.69 ±1.69
วันที่ 2	35.64 ±1.49	49.24 ±1.00	57.96 ±1.71	56.12 ±1.63	52.78 ±2.73
วันที่ 3	34.25 ±1.34	43.53 ±0.47	50.60 ±2.05	50.12 ±1.88	48.25 ±1.79
วันที่ 4	31.74 ±0.99	41.73 ±0.51	48.71 ±1.89	48.28 ±1.88	46.70 ±1.67
วันที่ 5	32.08 ±1.02	41.73 ±0.50	47.96 ±1.72	47.29 ±1.52	46.15 ±1.51



ภาพที่ 4.5 น้ำหนักของเชื้อเพลิงเขียวที่ตากแดดเป็นเวลา 5 วัน

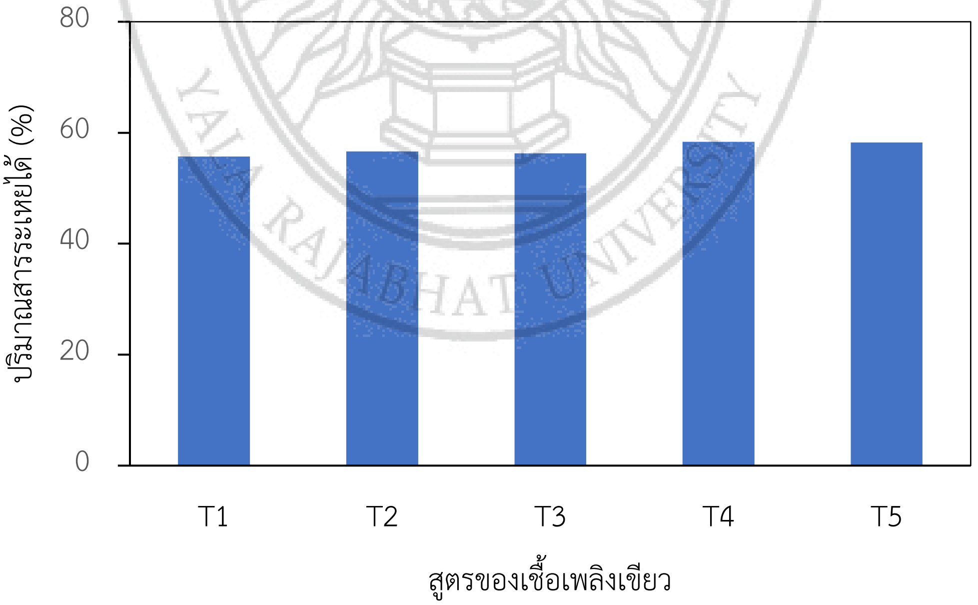
เชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตได้นี้ นำไปวิเคราะห์ค่าความชื้นตามมาตรฐาน ASTM D 3173-73 พบว่า ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงทั้ง 5 สูตร อยู่ระหว่างร้อยละ 6.89 – 7.15 ดังแสดงในภาพที่ 4.6 ซึ่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง กำหนดให้ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงไม่ควรเกินร้อยละ 8 แสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง ที่ผ่านการตากแดดเป็นเวลา 5 วัน มีความชื้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง (มผช. 238/2547)



ภาพที่ 4.6 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงเขียวสูตรต่างๆ

2) ปริมาณสารที่ระเหยได้ (volatile matters)

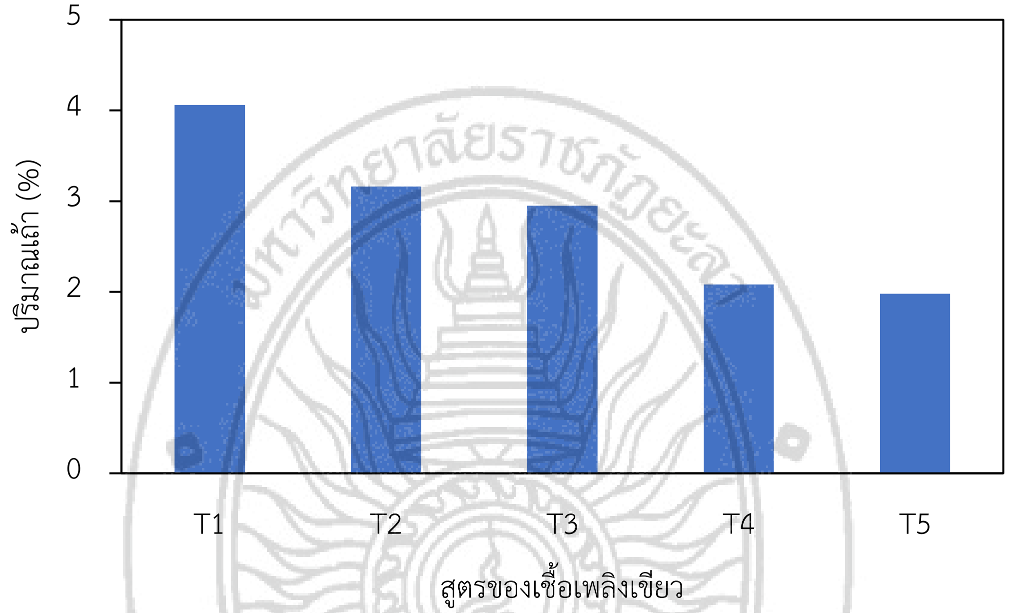
ปริมาณสารที่ระเหยได้ในเชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตทั้ง 5 สูตร พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วง 55.69 – 58.22 ซึ่งในตัวอย่างสูตร T1 มีค่าน้อยที่สุด และ T4 มีค่ามากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 4.7 สำหรับเชื้อเพลิงชีวมวล ปริมาณสารระเหยได้ยิ่งมีค่าน้อย เป็นตัวบ่งชี้ว่าเชื้อเพลิงมีคุณภาพที่ดี



ภาพที่ 4.7 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณสารระเหยได้ของเชื้อเพลิงเขียวสูตรต่างๆ

3) **ปริมาณเถ้า (ash)**

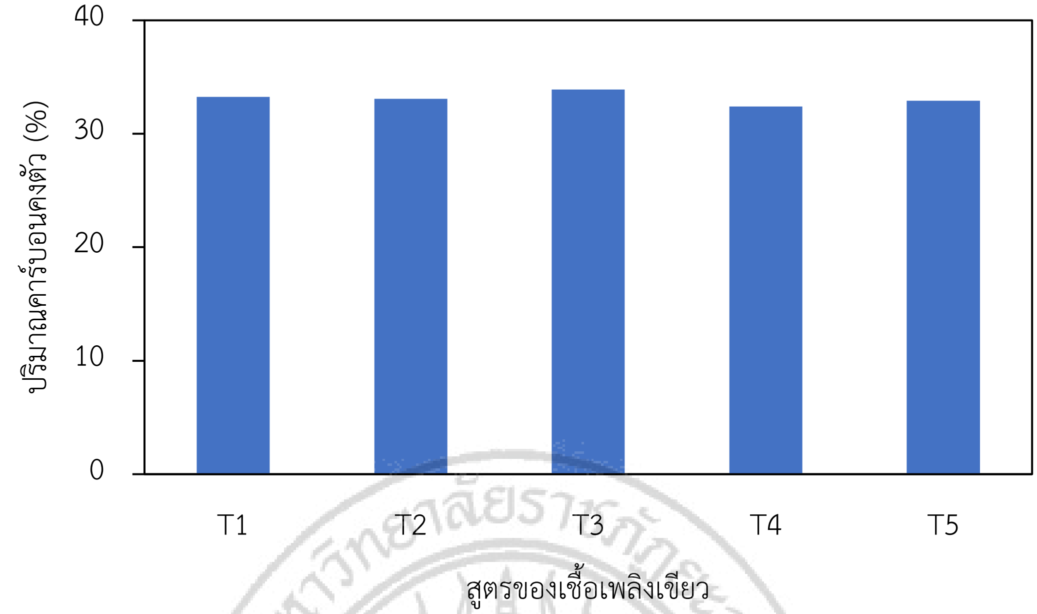
ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงเขียวสูตร T1 มีค่ามากที่สุด คือ 4.06 ขณะที่สูตร T5 มีค่าน้อยที่สุด คือ 1.98 โดยปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงเขียวทุกสูตรมีความสอดคล้องกับปริมาณเปลือกทุเรียน นั่นคือ ปริมาณเถ้าลดลงตามปริมาณเปลือกทุเรียนที่ลดลง ดังแสดงในภาพที่ 4.8 สำหรับเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีปริมาณเถ้ายิ่งน้อย ยิ่งบ่งชี้ถึงคุณภาพเชื้อเพลิงที่ดี เนื่องจากจะทำให้เหลือเถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเตาเผาน้อยตามไปด้วย



ภาพที่ 4.8 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงเขียวสูตรต่างๆ

4) **คาร์บอนคงตัว (fixed carbon)**

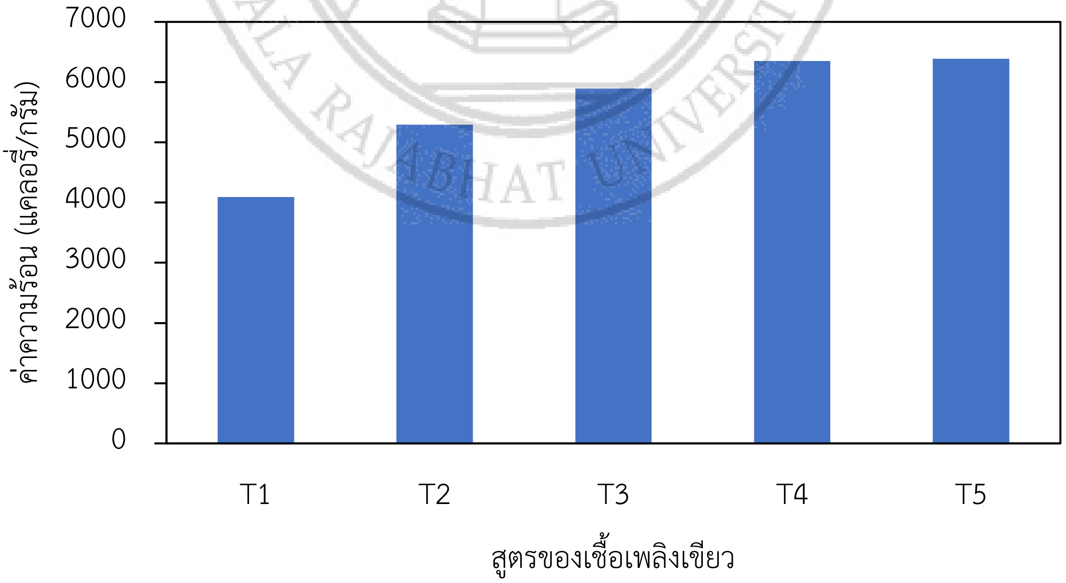
ปริมาณคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงเขียวทั้ง 5 สูตร มีค่าใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วง 32.4 – 33.91 โดยสูตร T4 มีค่าน้อยที่สุด ขณะที่สูตร T3 มีค่ามากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 4.9 ซึ่งสำหรับสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวล ค่าคาร์บอนคงตัวยิ่งสูง ยิ่งเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของเชื้อเพลิงที่ดี



ภาพที่ 4.9 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงเขียวสูตรต่างๆ

5) ค่าความร้อน (heating value)

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเขียวทั้ง 5 สูตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนของกากไขมันเพิ่มขึ้น โดยสูตร T5 มีค่าความร้อนสูงสุด คือ 6,388.67 ขณะที่สูตร T1 มีค่าความร้อนน้อยที่สุด คือ 4,090.67 เนื่องจากไม่มีส่วนผสมของกากไขมัน ซึ่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547) กำหนดให้ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง ต้องไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรี่ต่อกรัม จะเห็นได้ว่า เชื้อเพลิงเขียวที่มีส่วนผสมของกากไขมัน มีค่าความร้อนมากกว่ามาตรฐานทั้ง 4 สูตร ดังแสดงในภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเขียวสูตรต่างๆ

4.1.5 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงเขียว

คุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงเขียว ได้แก่ ความหนาแน่น และดัชนีการแตกร่วน ได้ผลจากการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 คุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงเขียว

สูตร	คุณสมบัติ	
	ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	ดัชนีแตกร่วน
T1	716.18 ± 21.87	0.9866 ±0.0073
T2	611.16 ±20.56	0.9960 ±0.0038
T3	663.41 ±27.20	0.9990 ±0.0013
T4	737.38 ±29.03	0.9333 ±0.0153
T5	646.34 ±22.64	0.9810 ±0.0890

1) ความหนาแน่น

ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมัน มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 611.16 – 737.38 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยสูตร T4 มีความหนาแน่นมากที่สุด และสูตร T2 มีความหนาแน่นน้อยที่สุด ทั้งนี้ ความแตกต่างของความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ อาจเป็นผลจากกระบวนการอัดขึ้นรูป เนื่องจากเป็นการอัดขึ้นรูปด้วยมืออย่างง่าย จึงไม่สามารถกำหนดแรงดันในการอัดให้เท่ากันในทุกตัวอย่างได้ แต่อย่างไรก็ตาม ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเขียวทั้ง 5 สูตร ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ที่กำหนดให้เชื้อเพลิงต้องมีความหนาแน่นไม่น้อยกว่า 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

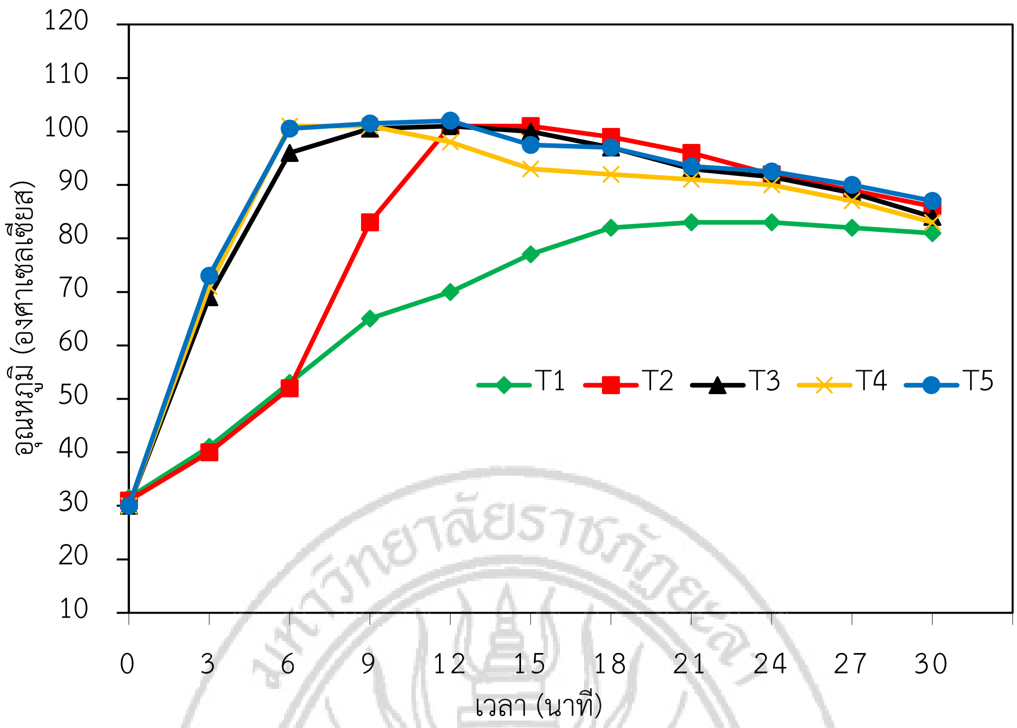
2) ดัชนีการแตกร่วน

ดัชนีแตกร่วนของเชื้อเพลิงผลิตจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมัน พบว่า มีค่าสูงมากในทุกสูตร คืออยู่ระหว่าง 0.9333 – 0.9990 แสดงถึงความสามารถในการยึดเกาะของตัวประสานได้ดีมาก โดยหากดัชนีการแตกร่วนมีค่าใกล้เคียง 1 แสดงว่าวัสดุมีการยึดเกาะจับตัวกันได้ดีและไม่แตกหัก ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำเชื้อเพลิงไปใช้ และแสดงถึงความสามารถในการทนต่อแรงกระทำระหว่างขนส่ง (กนกวรรณ และนิพนธ์, 2562)

4.1.5 การหาประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงเขียว

ผลการทดสอบการต้มน้ำ ของเชื้อเพลิงทั้ง 5 สูตร โดยบันทึกอุณหภูมิทุกๆ 3 นาที ดังภาพที่ 4.13 พบว่า อุณหภูมิน้ำเดือดสูงสุด คือ 102 องศาเซลเซียส สำหรับเชื้อเพลิง T5 และอุณหภูมิน้ำเดือดสูงสุด 101 องศาเซลเซียส สำหรับสูตร T2, T3 และ T4 โดยการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงสูตร T3, T4 และ T5 เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำเดือดภายในเวลา 6 นาที ส่วนเชื้อเพลิง T2 ทำให้น้ำเดือดที่เวลา 12 นาที โดยหลังจากต้มน้ำถึงอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 6 นาที อุณหภูมิจึงค่อยๆ ลดลงทั้ง 4 สูตรของเชื้อเพลิงเขียว ขณะที่เชื้อเพลิงสูตร T1 ไม่สามารถทำให้น้ำเดือดได้ โดยต้มน้ำให้มีอุณหภูมิสูงสุดเพียง 83 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 4.12 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านในท้องตลาดทั่วไป มีประสิทธิภาพการใช้งานจริงที่อุณหภูมิ 93.5 องศาเซลเซียส พบว่า เชื้อเพลิงเขียวที่มีส่วนผสมของกากไขมัน ทั้ง 4 สูตร มีความร้อนมากกว่า โดยเมื่อคำนวณค่าประสิทธิภาพในการใช้งานความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงเขียว พบว่า ประสิทธิภาพในการใช้งานความร้อนของเชื้อเพลิงสูตร T1 มีค่าต่ำสุด ขณะที่สูตร T5 มีค่าสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ทั้งนี้ เนื่องจากองค์ประกอบในเชื้อเพลิงเขียว สูตร T5 มีค่าคาร์บอนคงตัวสูงที่สุด ซึ่งปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า เป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อคุณภาพของเชื้อเพลิงเช่นกัน กล่าวคือ ประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงที่ดีต้องมีปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย และปริมาณเถ้าน้อย ขณะที่ต้องมีค่าคาร์บอนคงตัวสูง (ทองทิพย์, 2542)

ภาพที่ 4.11 การทดสอบการต้มน้ำเพื่อหาประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงเขียว



ภาพที่ 4.12 แสดงเวลาและอุณหภูมิของการต้มน้ำด้วยเชื้อเพลิงสูตรต่างๆ

ตารางที่ 4.5 ค่าประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนของเชื้อเพลิงเขียว

สูตรเชื้อเพลิงเขียว	**ประสิทธิภาพการใช้งานความร้อน (ร้อยละ)**
T1	15.62
T2	19.22
T3	19.06
T4	19.57
T5	21.32

นอกจากนี้ จากการทดสอบการหาประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงเขียว พบว่า ลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเขียวทุกสูตรมีควันมากในช่วงแรกก่อนติดไฟ โดยสูตร T1 มีควันมากที่สุด และไม่เกิดเปลวไฟ สูตร T2 เกิดเปลวไฟสีส้มแดงภายใน 9 นาที ขณะที่สูตร T3, T4 และ T5 เกิดเปลวไฟสีส้มแดงภายในระยะเวลาเพียง 3 นาที ดังตารางที่ 4.6 และเถ้าของเชื้อเพลิงทั้ง 5 สูตรมีลักษณะคงรูปและมีสีขาว ดังภาพที่ 4.13

ตารางที่ 4.6 แสดงลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเขียวสูตรต่างๆ

สูตร	**ลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเขียว**	
	การเกิดควัน	**การเกิดเปลวไฟ**
T1	มีควันมาก	ไม่เกิดเปลวไฟ
T2	มีควันมากในช่วงก่อน 9 นาทีแรก	เกิดเปลวไฟภายใน 9 นาที
T3	มีควันมากในช่วงก่อน 3 นาทีแรก	เกิดเปลวไฟภายใน 3 นาที และเปลวไฟแรง
T4	มีควันมากในช่วงก่อน 3 นาทีแรก	เกิดเปลวไฟง่าย ไม่เกิน 3 นาที และเปลวไฟแรง
T5	มีควันมากในช่วงก่อน 3 นาทีแรก	เกิดเปลวไฟง่าย ไม่เกิน 3 นาที และเปลวไฟแรง

ภาพที่ 4.13 ลักษณะเถ้าของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

4.1.7 ต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรม

การวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรม พิจารณาจากต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปร พบว่า ต้นทุนส่วนใหญ่เป็นต้นทุนคงที่ ได้แก่ ค่าเครื่องมือ อุปกรณ์ และมีต้นทุนแปรผัน คือ ค่าแป้งมันสำปะหลังเท่านั้น เนื่องจากเปลือกทุเรียนและกากไขมัน เป็นวัสดุเหลือทิ้งไม่มีมูลค่า สามารถรวบรวมนำมาใช้ได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย โดยอาจมีค่าใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการเดินทางไปเก็บวัตถุดิบกากไขมันในระดับของการศึกษาวิจัย แต่ในการผลิตเพื่อจำหน่ายจริงในปริมาณมาก ด้วยวัตถุดิบเป็นวัตถุเหลือทิ้ง ซึ่งทางโรงงานอุตสาหกรรมต้องการกำจัดอยู่แล้ว การนำกากไขมันนี้มาใช้ จึงเป็นการช่วยกำจัด

กากไขมันของสถานประกอบการ การรวบรวม จัดเก็บ และขนส่งวัตถุดิบจึงอาจกลายเป็นรายได้ในการกำจัดได้ด้วย ดังนั้น ต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิงเขียวทั้ง 5 สูตร ใช้ต้นทุนเท่ากัน โดยต้นทุนผันแปรที่แสดงในตารางที่ 4.7 ใช้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิง ได้สูตรละประมาณ 10 กิโลกรัม โดยในการวิเคราะห์ต้นทุนและความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ เป็นการลงทุนภายใต้สมมติฐานของงานวิจัย

ตารางที่ 4.7 ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋องตามรูปแบบของการศึกษาวิจัย

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
ต้นทุนคงที่	
1. เครื่องบดสับ	20,000
2. เครื่องอัดแท่งด้วยมืออย่างง่าย	1,000
3. ภาชนะเก็บตัวอย่างและใส่ตัวอย่างในขั้นตอนการผลิต	1,000
ต้นทุนผันแปร	
1. แป้งมันสำปะหลัง	20
2. ค่าไฟฟ้า	500
3. ค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์ ร้อยละ 10 (ต้นทุนคงที่ ข้อ 1)	2,000
รวม	**24,520**
ผลตอบแทน	
1. ปริมาณผลผลิต 10 กิโลกรัม (กิโลกรัมละ 20 บาท)	200

จากข้อมูลข้างต้น พบว่า ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง เท่ากับ 24,520 บาท ซึ่งเมื่อคิดผลตอบแทนที่เกิดขึ้น เพื่อหาจุดคุ้มทุน พบว่าจุดคุ้มทุนอยู่ที่ปริมาณผลผลิต 123 กิโลกรัม ซึ่งถือเป็นปริมาณที่ไม่มาก แต่เนื่องด้วยในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ใช้เครื่องอัดแท่งด้วยมืออย่างง่ายโดยใช้ท่อพีวีซี หากต้องการผลิตจำนวนมาก จำเป็นต้องมีเครื่องอัดแท่งเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการผลิต ซึ่งจะทำให้ต้นทุนคงที่เพิ่มขึ้น แต่ก็สามารถคืนทุนได้ด้วยกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ปริมาณวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง ในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ พบว่ามีปริมาณมาก โดยเปลือกทุเรียนมีมากที่สุดในจังหวัดยะลา คิดเป็นจังหวัดที่มีทุเรียนมากที่สุดเป็นอันดับ 5 ของประเทศ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ส่วนกากไขมันจากอุตสาหกรรมปลากระป๋อง ที่มีปริมาณมากในพื้นที่นิยมอุตสาหกรรมปัตตานี ไม่น้อยกว่า 30 ตันต่อปีต่อแห่ง และสถานประกอบการมีความต้องการกำจัดหรือให้มีการนำไปใช้ประโยชน์ วัตถุดิบทั้ง 2 ชนิดนี้ จึงเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพสูงในพื้นที่ ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ไม่มีมูลค่า จึงไม่ต้องมีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการจัดหา

อัตราส่วนที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง ประกอบด้วยเปลือกทุเรียนและกากไขมันในสัดส่วนต่างกัน จำนวน 5 สูตร ได้แก่ T1, T2, T3, T4 และ T5 มีอัตราส่วนเปลือกทุเรียน : กากไขมัน เท่ากับ 1 : 0, 1 : 0.5, 1 : 1, 1 : 1.5 และ 0.5 : 1 ตามลำดับ โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน เพื่อให้แท่งเชื้อเพลิงสามารถยึดเกาะกันได้ดีขึ้น

คุณสมบัติของเชื้อเพลิงเขียวทั้ง 5 สูตร พบว่า เชื้อเพลิงเขียวที่มีส่วนผสมของกากไขมันทั้ง 4 สูตร (T2 - T4) มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547) โดยมีค่าความร้อนสูงขึ้นตามสัดส่วนของปริมาณกากไขมันที่เพิ่มขึ้น มีค่าความหนาแน่นตามมาตรฐานทั้ง 5 สูตร มีค่าดัชนีแตกร่วนที่สูง นั่นคือ เชื้อเพลิงมีการจับตัวกันได้ดี ไม่แตกหักง่าย ส่งผลดีต่อการขนส่ง และมีประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนที่สูงกว่าถ่านในท้องตลาดทั่วไป ถึงแม้การใช้เชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันจะมีควันเกิดขึ้นมากในช่วงแรกของการจุดไฟ

จากคุณสมบัติของเชื้อเพลิง สูตร T1 – T4 สามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงได้ แต่เมื่อพิจารณาลักษณะความเหมาะสมในการอัดขึ้นรูป พบว่า ควรมีสัดส่วนของกากไขมันไม่มาก และไม่น้อยเกินไป เนื่องจากหากมีกากไขมันน้อย จะทำให้การจับตัวได้ยากกว่าเชื้อเพลิงเขียวที่มีสัดส่วนกากไขมันมากกว่า และหากมีกากไขมันมาก จะทำให้เชื้อเพลิงเขียวมีลักษณะนิ่มและแตกหักได้ง่าย

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมันอุตสาหกรรมปลากระป๋อง พบว่า การผลิตเชื้อเพลิงเขียวมีต้นทุนไม่มาก เนื่องจากไม่มีต้นทุนค่าวัตถุดิบเปลือกทุเรียนและกากไขมัน ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต จึงมีจุดคุ้มทุนเพียง 123 กิโลกรัมเท่านั้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบอัตโนมัติหรือแบบไฮดรอลิค เพื่อเพิ่มกำลังการผลิต และสามารถกำหนดแรงดันในการอัดขึ้นรูปได้แน่นอน

2. ควรพัฒนาสูตรให้เชื้อเพลิงเกิดควันน้อยลง

3. เปลือกทุเรียน เป็นวัตถุดิบที่มีมากเฉพาะฤดูกาล จึงควรมีการรวบรวมและอบแห้งเก็บไว้เพื่อให้มีวัตถุที่สามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี และอาจทำการรวบรวมจากจังหวัดใกล้เคียงเพิ่มเติม

4. กากไขมัน เป็นวัตถุดิบที่ส่งกลิ่นรบกวน จึงควรมีโรงเรือนสำหรับผลิตห่างจากแหล่งชุมชนหรือบ้านเรือน

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
YALA RAJABHAT UNIVERSITY

เอกสารอ้างอิง

American Society for Testing and Materials (ASTM). (1996). Standard Test Method for GrossCalorific Value of Coal and Coke by the Isoperibol Bomb Calorimeter : D3286-96 In ASTM. **Annual Book of American Standard Testing Methods**, 5(6).

American Society for Testing and Materials (ASTM). (2002). Standard Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke : D 3172 – 89 In ASTM. **Annual Book of American Standard Testing Methods**, 5(6).

American Society for Testing and Materials (ASTM). (1993). Standard Test Method for Drop Shatter Test for Coke : D3038-93 In ASTM. **Annual Book of American Standard Testing Methods**, 5(6).

กนกวรรณ ศุกรนันทน์ และนิพนธ์ ตันไพบูลย์กุล. (2562). การใช้กากมันสำปะหลังเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตรเป็นตัวประสานในการอัดแท่งผงถ่านจากเปลือกตาลโตนด. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 6(5), 48-65.

เกรียงไกร วงศาโรจน์ ธนิต สวัสดิ์เสวี นริส ประทินทอง และประธาน วงศ์ศริเวช. (2554). การผลิตแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลจากสบู่ดำ. **วิศวกรรมสาร มข**, 38(1): 65-72.

ทองทิพย์ พูลเกษม. (2542). **การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนเพื่อทดแทนฟืนและถ่านไม้ในการหุงต้มครัวเรือน**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหิดล. นครปฐม.

นภาดา วิเชียรพงษ์ ทวีทรัพย์ เจือพานิช และพรรณทิพา เมียงแก. (2563). การผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากขุยมะพร้าวผสมชีวมวลเหลือทิ้ง. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม**, 5(3), 112-126.

ปานใจ สื่อประเสริฐสิทธิ์ ศิริวรรณ แก้วสวิง และอมรประภา ทิศกระโทก. (2563). การผลิตถ่านชีวภาพและเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียน. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม**, 39(5), 580 – 586.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสำนักงาน. (2547). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง**. มผช. 238/2547.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เชื้อเพลิงชีวมวลแข็งอัดเม็ด (มอก.2772-2560).

วรกร ธิรินทอง นิรมล ด้วงฟู และภิญโญ ชุมมณี. (2556). การผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดจากฟางข้าวและใบอ้อย. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ฉบับพิเศษ**, 44(3), 518-521.

วาริษา วาแม. (2551). **การใชประโยชนกากไขมันจากบอดักไขมันโรงงานปลากระปองในอาหารไกเนื้อ**. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ปัตตานี.

วิลาสิณี หอมระรื่น. (2560). **แนวทางการใช้ประโยชน์จากเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งและปุ๋ย : กรณีศึกษาอำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี**. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). สถาบันพัฒนบริหารศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ศรีสกุล วรจันทรา และรณชัย สิทธิไกรพงษ. (2539). **โภชนศาสตรสัตว**. พิมพครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอ. เอส.พริ้นติ้งเฮาส.

สุมินทร์ญา ทีทา มะลิ นาชัยสินธุ์ และกลยุทธ ดีจริง. (2557). การผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวแบบผสมผสานจากผักตบชวาผสมเปลือกมังคุด. รายงานวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2564). ตารางแสดงรายละเอียดทุเรียน. ค้นเมื่อ 15 มกราคม 2565, จากเวปไซต์: https://www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดทุเรียน/TH-TH

อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย ชลันดา เสมสายัณห์ นัฐพร ประภักดี ณัฐธิดา เปี่ยมสุวรรณศิริ และนิภาวรรณ ชูชาติ. (2554). การนำเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 162-168.

อามานี สามะ นูรซีลา เละนุ๊ และโรสลีนา จาราแว. (2560). การพัฒนาถ่านอัดแท่งจากผักตบชวา. **รายงานการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ และสังคมศาสตร์**. ราชภัฏวิชาการ 2560, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช, 187-196.

YALA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง มผช.238/2547

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
YALA RAJABHAT UNIVERSITY

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน
ถ่านอัดแท่ง

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ทำจากถ่านผงหรือถ่านเม็ดมาอัดเป็นแท่ง หรือทำจากวัสดุธรรมชาติมาอัดเป็นแท่งแล้วเผาจนเป็นถ่าน

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ ถ่านอัดแท่ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ซังข้าวโพด มาเผาจนเป็นถ่าน อาจนำมาบดเป็นผงหรือเม็ดแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ หรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย มาอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการแล้วจึงนำมาเผาเป็นถ่าน

๒.๒ ค่าความร้อน หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก ๑ กรัม มีหน่วยเป็นแคลอรีต่อกรัม

๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

๓.๑ ลักษณะทั่วไป

ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง

๓.๒ การใช้งาน

เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและกลิ่น

๓.๓ ความชื้น

ต้องไม่เกินร้อยละ ๘ โดยน้ำหนัก

๓.๔ ค่าความร้อน

ต้องไม่น้อยกว่า ๕ ๐๐๐ แคลอรีต่อกรัม

๔. การบรรจุ

๔.๑ หากมีการบรรจุ ให้บรรจุถ่านอัดแท่งในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง และสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับถ่านอัดแท่งได้

๔.๒ น้ำหนักสุทธิของถ่านอัดแท่งในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

๕. เครื่องหมายและฉลาก

๕.๑ ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุถ่านอัดแท่งทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(๑) ชื่อผลิตภัณฑ์

(๒) ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำ

(๓) น้ำหนักสุทธิ

(๔) เดือน ปีที่ทำ

(๕) ข้อแนะนำในการใช้

(๖) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๖. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๖.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ถ่านอัดแท่งที่ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

๖.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๖.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวนไม่น้อยกว่า ๓ กิโลกรัม เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๑ ข้อ ๔. และข้อ ๕. จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๖.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบการใช้งาน ความชื้น และค่าความร้อน ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๖.๒.๑ แล้ว จำนวนไม่น้อยกว่า ๓ กิโลกรัม เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๒ ถึงข้อ ๓.๔ จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๖.๓ เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างถ่านอัดแท่งต้องเป็นไปตามข้อ ๖.๒.๑ และข้อ ๖.๒.๒ ทุกข้อ จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

๗. การทดสอบ

๗.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก

ให้ตรวจพินิจ

๗.๒ การทดสอบการใช้งาน

ให้ทดสอบโดยการจุดตัวอย่างถ่านอัดแท่ง แล้วตรวจพินิจ

๗.๓ การทดสอบความชื้น

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3173

๗.๔ การทดสอบค่าความร้อน
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 5865

๗.๕ การทดสอบน้ำหนักสุทธิ
ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
YALA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

ภาพประกอบการศึกษาวิจัย

ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมัน

การเตรียมและการผสมวัตถุดิบเพื่อขึ้นรูปเป็นเชื้อเพลิงเขียว มีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

ภาพผนวก ข-1 ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากไขมัน

YALA RAJABHAT UNIVERSITY

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) วาริษา วาแม
(ภาษาอังกฤษ) WARISA WAMAE

2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

3. หน่วยงานและสังกัด สาขาเทคโนโลยีพลังงานทดแทน คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

4. ที่อยู่ 9/2 ม.4 ต.ละหาร อ.สายบุรี จ.ปัตตานี 94110

5. โทรศัพท์ : 08-19638505

6. E-mail – address : warisa.w@yru.ac.th

7. ประวัติการศึกษา

ระดับการศึกษา	สถาบันการศึกษา	คุณวุฒิ	สาขาวิชา
ปริญญาเอก	มหาวิทยาลัยนเรศวร	ปร.ด.	พลังงานทดแทน
ปริญญาโท	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	วท.ม.	เคมีประยุกต์
ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	วท.บ.(ศึกษาศาสตร์)	วิทยาศาสตร์ทั่วไป

8. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

- Solar selective absorber coatings
- Solar cell applications
- Waste management and utilization of waste to energy

9. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

9.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย -

9.2 หัวหน้าโครงการวิจัย -

9.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

การประเมินศักยภาพระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำสำหรับโรงเรียนในพื้นที่จังหวัดชายแดนใต้ กรณีศึกษา: โรงเรียนบ้านช่องแมว อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) เอกชัย สิงหเดช

(ภาษาอังกฤษ) Ekachai Singhadet

2. ตำแหน่งปัจจุบัน วิศวกรพลังงาน

3. หน่วยงานและสังกัด สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลามหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

4. ที่อยู่ 29/199 หมู่ 12 ตำบลสะเตงนอก อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา 95000

5. โทรศัพท์ : 09-88012322

6. E-mail – address : ekachai.s@yru.ac.th

7. ประวัติการศึกษา

ระดับการศึกษา	สถาบันการศึกษา	คุณวุฒิ	สาขาวิชา
ปริญญาโท	มหาวิทยาลัยนเรศวร	วท.ม.	พลังงานทดแทน
ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม	วท.บ. เทคโนโลยีอุตสาหกรรม	เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม

8. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

- ระบบโซล่าเซลล์
- เทอร์โมอิเล็กตริก
- การอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน

9. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

9.4 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย -

9.5 หัวหน้าโครงการวิจัย -

9.6 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว -