รายงานการวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

The Feasibility Study of Production of Charcoal Briquettes from Pineapple Peel

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

สุไวดา หลังยาหน่าย
เสาวลักษณ์ ลิ่มศรีพุทธิ์

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
2560

ใบรับรองการวิจัยสิ่งแวดล้อม

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

เรื่อง ~~การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด~~

The Feasibility Study of Production of Charcoal Briquettes from Pineapple Peel

ผู้วิจัย นางสาวสุไวดา หลังยาหน่าย รหัส 554232026

นางสาวเสาวลักษณ์ ลิ่มศรีพุทธิ์ รหัส 554232028

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ

(ดร.สิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผศ.ขวัญกมล ขุนพิทักษ์)

.....กรรมการ

(ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ)

.....กรรมการ

(นางสาวนัดดา โปดำ)

.....กรรมการ

(นางสาวหิรัญวดี สุวิบูรณ์)

.....กรรมการ

(ดร.สิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา รับรองแล้ว

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนา ศิริโชติ)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เลข Bib# 1142482

วันที่ 17 ส.ค. 2561

เลขเรียกหนังสือ 662.88

ชื่อการวิจัยสิ่งแวดล้อม	การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด
ผู้วิจัย	นางสาวสุไวดา หลังยาหน่าย นางสาวเสาวลักษณ์ ลิ่มศรีพุทธิ์
โปรแกรมวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา	2560
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.สิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร SAKON NAKHON RAJABHAT UNIVERSITY

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเปลือกสับปะรดซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนแทนการใช้ฟืนและถ่านไม้จากป่าธรรมชาติ โดยนำเปลือกสับปะรดมาเผาให้เป็นถ่าน ผสมผงถ่านเปลือกสับปะรดกับกาวแป้งเปียกในอัตราส่วน 1:0.5, 1:0.75, 1:1, 1:1.5 และ 1:2 อัดให้เป็นแท่งด้วยวิธีการอัดเย็นโดยเครื่องอัดมือ จากนั้นนำถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดที่ได้มาทดสอบการบีบและการตกกระแทก สมบัติการใช้งาน และประสิทธิภาพการใช้งาน ผลการทดสอบการบีบและการตกกระแทกพบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:1, 1:1.5 และ 1:2 ไม่เกิดการแตกหัก จึงนำถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดทั้ง 3 สูตรนี้มาทดสอบสมบัติการใช้งานและประสิทธิภาพการใช้งานจากการทดสอบสมบัติการใช้งานโดยใช้วิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM และทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานโดยการต้มน้ำ พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:1 มีคุณสมบัติที่ดีที่สุด เนื่องจากมีค่าความชื้น ปริมาณสารระเหย และปริมาณเถ้าน้อยที่สุด ในขณะที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวและค่าความร้อนสูงที่สุด นอกจากนี้ ยังพบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดสูตร 1:1 มีค่าความร้อนสูงกว่าถ่านอัดแท่งไม้ที่ซื้อมาจากตลาด และแม้จะมีค่าความร้อนต่ำกว่าถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) แต่เมื่อใช้งานถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:1 จะไม่เกิดการแตกปะทุและไม่มีควัน ในขณะที่ถ่านไม้จะเกิดการแตกปะทุและมีควัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เปลือกสับปะรดสามารถนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งได้ใช้เป็นถ่านให้ความร้อนแทนการใช้ถ่านจากไม้และฟืน

StudyTitle	The Feasibility Study of Production of Charcoal Briquettes from Pineapple Peel
Authors	Miss Suwaida Langyanay Miss Saowaluk Limsriphut
Major Program	Environmental Science
Faculty	Science and Technology
Academic year	2016
Advisor	Miss Siriporn Borrirukwisitsak

Abstract

This research aims to produce charcoal briquette from pineapple peels, which are agricultural residues, in order to use as renewable fuel instead of firewood and charcoal from natural forest. Pineapple peels were burned and grinded into charcoal fines, then mixing the charcoal fines with starch binder at the ratios of 1:0.5, 1:0.75, 1:1, 1:1.5 and 1:2. The mixtures were briquetted by manual cold-press technique. After that, the pineapple peel charcoal briquettes were tested for durability, fuel properties and combustion efficiency. The results found that the pineapple peel charcoal briquettes at the ratios of 1:1, 1:1.5 and 1:2 were passed the durability test. As the result, these 3 ratios were test for the fuel properties following ASTM standards and the combustion efficiency by boiling water. The results indicated the pineapple peel charcoal briquette at the ratio of 1:1 is preferred due to its lower moisture content, volatile matter and ash content, but higher fixed carbon and calorific value. Additionally, the 1:1 ratio has higher calorific value than commercial wood charcoal briquettes. Although the calorific values of the 1:1 ratio is less than commercial firewood, the pineapple peel charcoal briquettes have no smoke and eruption during using, unlike firewood. In conclusion, pineapple peel can be used to produce the charcoal briquette in order to replacing firewood and charcoal.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาการวิจัยเฉพาะทาง (4453503) รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความกรุณาจาก ดร. สิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางการศึกษาวิจัย ปฏิบัติการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และแก้ไขข้อผิดพลาดจากปัญหาต่างๆ ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาวิจัยและการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ~~รวมทั้งขอขอบพระคุณ ผศ.ขวัญกมล ขุนพิทักษ์ ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ ดร.สายสิริ ไชยชนะ อาจารย์~~ หิรัญวดี สุวิบูรณ์ อาจารย์นัดดา โปดำ และอาจารย์กมลนาวิน อินทนูจิตร อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ นายสอแหละ บางูสัน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม รวมถึงเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการโปรแกรมเคมี ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมืออุปกรณ์ และสถานที่ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ ร้านขายผลไม้ ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างเปลือกสับปะรดที่ใช้ในงานวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และสมาชิกในครอบครัวที่อุปถัมภ์กำลังทรัพย์และคอยเป็นกำลังใจและฝ่าฝันอุปสรรคต่างๆ ที่ผ่านเข้ามาในชีวิต ตลอดจนทำให้งานวิจัยครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์

นางสาวสุไวดา หลังยาหน่าย
นางสาวเสาวลักษณ์ ลิ่มศรีพุทธิ์
กันยายน 2560

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
~~กิตติกรรมประกาศ~~	~~ค~~
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ตัวแปร	2
1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย	2
1.5 สมมติฐาน	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.7 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ถ่านอัดแท่ง	5
2.2 คุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง	7
2.3 กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้	8
2.4 ข้อมูลทั่วไปของสับปะรด	12
2.5 ประโยชน์ของสับปะรด	15
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	
3.1 กรอบแนวคิดวิธีการดำเนินงาน	20
3.2 ขอบเขตการวิจัย	21
3.3 วัตถุดิบและวัสดุอุปกรณ์	22
3.4 วิธีการวิเคราะห์	23
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	29
บทที่ 4 ผลและการอภิปรายผลการวิจัย	
4.1 การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับประรด	30
4.2 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น	46
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	50
5.2 ข้อเสนอแนะ	51
บรรณานุกรม	52
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง	ก-1
ภาคผนวก ข มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้หุงต้ม	ข-1
ภาคผนวก ค โครงร่างวิจัย	ค-1
ภาคผนวก ง ภาพประกอบการวิจัย	ง-1
ภาคผนวก จ ประวัติผู้วิจัย	จ-1

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการดำเนินโครงการ	4
2.1	ข้อดีและข้อเสียของถ่านอัดแท่งที่ทำจากวัสดุธรรมชาติ	7
2.2	วิธีการเผาถ่านแบ่งตามประเภทของเตาเผา	9
3.1	อัตราส่วนผงถ่านเปลือกสับปะรด:กาวแป้งเปียก (อัตราส่วนโดยน้ำหนัก)	24
3.2	การตรวจวิเคราะห์หาสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่ง	25
4.1	น้ำหนักเปลือกสับปะรดที่ใช้ในการทดลอง	30
4.2	ค่าความร้อนของวัตถุดิบสำหรับการทำถ่านอัดแท่ง	31
4.3	ลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด	32
4.4	ผลการทดสอบการบีบและการตกกระแทกของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด	33
4.5	ประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด	39
4.6	ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด	39
4.7	สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติการใช้งานและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด	40
4.8	การเปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด ถ่านอัดแท่งไม้ ถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) และเชื้อเพลิงอัดแท่งจากงานวิจัยอื่น	42
4.9	ประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด ถ่านอัดแท่งไม้ (ซื้อจากตลาด) และถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)	44
4.10	ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่ง	45
4.11	ราคาต้นทุนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด	46
4.12	วัตถุดิบในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด	47
4.13	ต้นทุนการผลิตถ่านอัดแท่ง	48
4.14	ราคาถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดเทียบกับราคาถ่านตามท้องตลาด	48

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ถ่านอัดแท่ง	5
2.2	ผลสับปะรดและเปลือกสับปะรด	13
3.1	กรอบแนวคิดวิธีการดำเนินงาน	20
3.2	เปลือกสับปะรดที่เหลือทิ้งจากร้านขายผลไม้ ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา	21
4.1	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดที่อัตราส่วนผงถ่านของเปลือกสับปะรด:กาวแป้งเปียก	32
4.2	ผลการทดสอบการบีบของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด	33
4.3	ผลการทดสอบการตกกระแทกที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร	33
4.4	ผลการทดสอบการตกกระแทกที่ระดับความสูง 100 เซนติเมตร	33
4.5	ปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด	34
4.6	ปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด	35
4.7	ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด	36
4.8	ปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด	36
4.9	ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด	37
4.10	ประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด	38
4.11	ประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด ถ่านอัดแท่งไม้ (ซื้อจากตลาด) ถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)	44

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

พลังงานเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน ประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในปี พ.ศ 2559 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งสิ้น 79,216 ktoe (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2559) โดยเป็นการใช้พลังงานจากพลังงานทดแทนดั้งเดิม (ฟืนไม้และแกลบ) รวมทั้งสิ้นประมาณ 13.83% ของปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด การใช้ถ่านประเภทฟืนไม้เป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ทรัพยากรป่าไม้ลดลง โดยในปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้เหลืออยู่เพียง 102.3 ล้านไร่ หรือ 32% ของพื้นที่ดินทั้งหมด (มูลนิธิสืบนาคะเสถียร, 2559) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องหาแหล่งพลังงานอย่างอื่นมาใช้ทดแทนเพื่อลดปัญหาดังกล่าว แหล่งพลังงานทดแทนที่หาได้ง่ายและมีศักยภาพสูงในประเทศไทย คือ พลังงานถ่านจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งนอกจากจะสามารถช่วยลดการใช้ฟืนไม้ได้ ยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและช่วยแก้ปัญหาการกำจัดของเสียและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย มีการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่างๆ มาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งอย่างมากมาย เช่น เปลือกทุเรียน (ทองทิพย์ พลูเกษม, 2542) กิ่งสบู่ดำ (เกรียงไกร วงศาโรจน์, 2554) เปลือกมังคุด (สังเวย เสวกวิหาร, 2555) ซึ่งจากการศึกษาพบว่า วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรส่วนมากนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งและนำมาใช้ทดแทนการใช้ถ่านไม้ได้

เปลือกสับปะรดเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดหนึ่งที่มีปริมาณมากในประเทศไทย ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกสับปะรดมากกว่า 6 แสนไร่ (สุมน โพธิ์จันทร์, 2554) และมีผลผลิตประมาณ 2 ล้านตันต่อปี ซึ่งจะเกิดเศษเหลือเป็นเปลือกสับปะรดประมาณ 30% ของผลสับปะรดหรือประมาณ 600,000 ตันต่อปี (กะชามาศ สายดำ, 2558) ซึ่งหากปล่อยทิ้งไว้จะเกิดเป็นขยะและเน่าเสียเกิดเป็นก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งส่งกลิ่นรบกวนและยังเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน การนำเปลือกสับปะรดที่เหลือทิ้งมาทำให้เกิดประโยชน์โดยนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะช่วยลดปัญหาขยะเหลือทิ้ง ลดปัญหาการขาดแคลนพลังงาน ลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากน้ำมัน และลดปัญหาการใช้ฟืนและถ่านไม้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำเปลือกสับปะรด ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง โดยใช้กาวแป้งเปียกเป็นตัวประสาน เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนทดแทนการใช้ฟืนและถ่านไม้จากป่าธรรมชาติ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดกับถ่านอัดแท่งไม้ และถ่านไม้ที่ขายในท้องตลาด

1.3 ตัวแปร

ตัวแปรต้น : อัตราส่วนระหว่างผงถ่านเปลือกสับปะรดกับกาวแป้งเปียก

ตัวแปรตาม : คุณสมบัติของถ่านและประสิทธิภาพการเผาไหม้ของถ่าน

ตัวแปรควบคุม : ปริมาณความชื้น ขนาดของถ่านอัดแท่ง เวลาที่ใช้ในการเผาถ่าน

1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

ถ่านอัดแท่ง (Charcoal Briquettes) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัสดุธรรมชาติ มาเผาจนเป็นถ่านและบดเป็นผงแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553)

เปลือกสับปะรด หมายถึง เปลือกของผลสับปะรด ภายนอกมีลักษณะคล้ายตาล้อมรอบผล (จินดารัฐ วีระวุฒิ, 2539)

ประสิทธิภาพการเผาไหม้ หมายถึง ประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้ม หาได้โดยการเอาน้ำหนักถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด 500 กรัม มาใช้ทดสอบการต้มน้ำ 1,500 กรัม (ธีระพงษ์ คูหากาญน์, 2550)

การอัดเย็น หมายถึง การนำวัสดุที่เผาเป็นถ่านแล้วมาบดให้ละเอียด แล้วนำมาผสมกับแป้งมันหรือวัสดุประสานอื่นๆ ในอัตราส่วนที่ต้องการมาอัดให้เป็นแท่ง (ลักษมี วาณิชย์, 2545)

คุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง เป็นลักษณะที่สำคัญของถ่านใช้เป็นหลักในการประกันคุณภาพของถ่านอัดแท่ง ได้แก่ คาร์บอนเสถียร (คาร์บอนคงตัว) ปริมาณเถ้า ความชื้น และค่าความร้อน โดยถือว่าถ่านที่ให้ความร้อนสูงแสดงว่าเป็นถ่านที่ดี (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553)

ค่าความร้อน หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก 1 กรัม มีหน่วยเป็น แคลอรี/กรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547:ก)

1.5 สมมติฐาน

เปลือกสับปะรดสามารถนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งได้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ลดปัญหาการขาดแคลนพลังงานเชื้อเพลิงหุงต้ม

1.6.2 ลดปัญหามลภาวะจากขยะเหลือทิ้งและลดการตัดไม้ทำลายป่า

1.6.3 เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ขยะเหลือทิ้ง โดยการนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน ช่วยลดการใช้ฟืนและถ่านไม้จากป่าธรรมชาติ

1.7 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด ใช้เวลาในการศึกษาทั้งสิ้น 10 เดือน ได้เริ่มต้นทำการศึกษามาตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 จนถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2560 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1.1 และโครงร่างวิจัยในการศึกษาวิจัยนี้ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงการ

ขั้นตอนดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินการวิจัย									
	2559	2560								
	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1. ศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลและตรวจสอบเอกสาร										
2. จัดทำโครงร่างและเสนอโครงร่างวิจัยเฉพาะทาง										
3. ดำเนินการวิจัยเฉพาะทาง										
4. วิเคราะห์ผลการทดลอง										
5. สรุปผลการศึกษาและอภิปรายผล										
6. สอบความก้าวหน้าวิจัย										
7. สอบจบวิจัยเฉพาะทาง										
8. จัดทำเล่มวิจัยเฉพาะทาง										

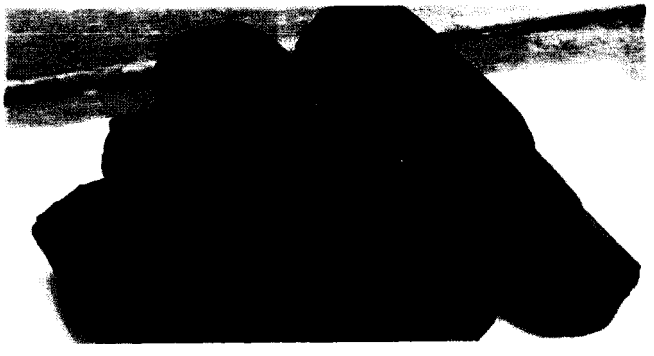
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถ่านอัดแท่ง (Charcoal Briquettes)

ในอดีตคนเรารู้จักและคุ้นเคยกับถ่านไม้ ซึ่งได้จากการนำแท่งฟืนไม้มาเผาเป็นถ่านเท่านั้น แต่ด้วยพระอัจฉริยภาพอันยาวไกลของพระบาทสมเด็จพระปรมินทร์มหาภูมิพลอดุลยเดช (รัชกาลที่ 9) ที่ทรงเล็งเห็นปัญหาการขาดแคลนไม้ในอนาคต รวมทั้งการขาดแคลนพลังงานในด้านต่างๆ จึงทรงมีพระราชดำริให้วิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนในด้านต่างๆ รวมทั้งการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ เช่น ผักตบชวา จากนั้นได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการนำวัสดุเหลือใช้ชนิดต่างๆ มาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งมากมาย เช่น ซังข้าวโพด กะลามะพร้าว แกลบ ขี้เลื่อย ฟางข้าวโพด กะลาปาล์ม กากทานตะวัน ชานอ้อย เหง้ามันสำปะหลัง เปลือกทุเรียน เปลือกสับปะรด และเศษถ่านหุงต้มที่เหลือใช้จากที่ใช้แล้ว (กรมพัฒนาและการส่งเสริมพลังงาน, 2535)

การใช้ถ่านอัดแท่งมาเป็นเชื้อเพลิงหุงต้มแทนการใช้ถ่านไม้และฟืนโดยเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจะเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและลดปัญหาการตัดไม้ทำลายป่า ซึ่งถ่านอัดแท่งเหมาะสมสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือน เนื่องจากไม่มีควัน ไม่มีกลิ่น ไม่มีการแตกประทุ ติดไฟได้นาน และให้ความร้อนสูง นอกจากนี้ยังช่วยในการพัฒนาขีดความสามารถในการพึ่งตนเองในด้านการแปรรูปถ่าน (เด่นนภา จงใจ, 2544)



รูปที่ 2.1 ถ่านอัดแท่ง

ที่มา: อนุชา ซุยหาญ (2555)

2.1.1 คุณภาพของถ่านอัดแท่ง

คุณภาพของถ่านอัดแท่งจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ ชนิดของวัสดุที่ใช้และกระบวนการคาร์บอไนเซชั่น โดยถ่านอัดแท่งที่ได้จากกระบวนการคาร์บอไนเซชั่นที่เกิดอย่างช้าๆ จะมีเนื้อถ่านที่มีความแกร่งมากกว่าถ่านอัดแท่งที่เกิดจากกระบวนการคาร์บอไนเซชั่นที่เกิดอย่างรวดเร็วเนื่องจากมีปริมาณก๊าซจากวัสดุที่เกิดขึ้นน้อยกว่า ซึ่งระยะเวลาในกระบวนการคาร์บอไนเซชั่นจะมีผลต่อความแกร่งของเนื้อถ่านอัดแท่ง โดยทั่วไปแล้วจะมีการทำรูช่องอากาศขนาดเล็กเพื่อใช้ควบคุมกระบวนการคาร์บอไนเซชั่นและช่วยให้กระบวนการคาร์บอไนเซชั่นค่อยๆ ดำเนินไปอย่างช้าๆ เพื่อให้ได้เนื้อถ่านอัดแท่งที่มีความแกร่ง (คมกริช ภูเมืองปาน, 2554)

2.1.2 คุณสมบัติโดยทั่วไปของถ่านอัดแท่ง

ถ่านอัดแท่งมีคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงที่ดีกว่าถ่านไม้หลายประการ เช่น ใช้ได้นานกว่า ไม่มีการแตกประทุ และไม่มีควัน ซึ่งคุณสมบัติโดยทั่วไปของถ่านอัดแท่ง (ณัฐวุฒิ อุตมหาราช, 2549) คือ

1) ให้ความร้อนสูงเนื่องจากเป็นถ่านที่ได้รับการเผาไหม้ที่เต็มที่
2) ทนนาน สามารถใช้ได้นานกว่าถ่านไม้ธรรมดาถึง 2 – 3 เท่า
3) ประหยัด เพราะใช้ได้นาน ไม่แตกและไม่ดับเมื่อติดไฟแล้ว
4) ไม่แตกประทุขณะติดไฟอย่างถ่านไม้ทั่วไป ซึ่งถ่านอัดแท่งที่มีคุณภาพดี จะมีการแตกประทุเล็กน้อยในช่วงนาทีแรกที่ติดไฟเท่านั้น
5) ไม่มีควัน เนื่องจากความชื้นน้อยมาก
6) ไม่มีกลิ่น เพราะผลิตจากวัสดุธรรมชาติ 100% ไม่ผสมสารเคมีใดๆ
7) ไม่ดับกลางคันแม้ว่าจะใช้ในที่ที่อากาศถ่ายเทน้อยทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนถ่านบ่อยๆ
8) ให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอ ไม่วูบวาบ เนื่องจากความหนาแน่นของถ่านเท่ากันทุกส่วน
9) ถ่านที่มีความแข็งสูงจะช่วยลดการแตกหักหรือเป็นผง ทำให้สะดวกต่อการใช้การขนส่งและการเก็บรักษา

2.1.3 ข้อดีและข้อเสียของถ่านอัดแท่ง

ถ่านอัดแท่งที่ทำมาจากวัสดุธรรมชาติมีทั้งข้อดีและข้อเสียดังแสดงใน**ตารางที่ 2.1** (นริศ ชุดสว่าง, 2556)

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อเสียของถ่านอัดแท่งที่ทำจากวัสดุธรรมชาติ

ข้อดี	ข้อเสีย
1) มีขนาดและรูปร่างแบบเดียวกัน สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้อย่างสะดวก 2) มีความร้อนที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือนได้ 3) ปราศจากมลภาวะ ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมมลภาวะที่มีราคาสูง 4) มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ 5) สะดวกต่อการเก็บรักษาและนำมาใช้งาน	1) การอัดแท่งใช้แรงอัดสูง เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้กระบอกอัดและสกรูสึกหรอได้ง่ายจากการขัดสี และความร้อน 2) คุณสมบัติการเผาไหม้ยังไม่เป็นที่ต้องการ เช่น เมื่อถูกน้ำหรืออากาศที่ชื้นสูง

2.2 คุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

คุณสมบัติที่สำคัญของถ่านอัดแท่งประกอบไปด้วย (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553)

2.2.1 ปริมาณความชื้น (Moisture Content) คือ ปริมาณของน้ำที่เหลืออยู่ในถ่านอัดแท่งหลังจากการตากแดด ซึ่งถ่านอัดแท่งที่มีความชื้นต่ำจะมีประสิทธิภาพการใช้งานสูง เนื่องจากสูญเสียความร้อนไปกับการระเหยของน้ำในระหว่างการใช้งานน้อย

2.2.2 ปริมาณสารระเหย (Volatile Matters) คือ ส่วนของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งอบแห้งที่ระเหยได้ ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน ปริมาณสารระเหยจะมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของถ่าน ถ่านที่มีปริมาณสารระเหยมากจะติดไฟได้ไม่นาน มอดเร็ว ทำให้สิ้นเปลืองถ่านมากกว่า

2.2.3 ปริมาณเถ้า (Ash Content) คือ ส่วนหนึ่งของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการเผาไหม้ภายในเตาเผาที่อุณหภูมิ 750^{o}C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วยซิลิกา แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ หรือเป็นส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ หากมีปริมาณเถ้ามากจะทำให้ค่าความร้อนต่ำ รวมทั้งทำให้เกิดปัญหาในการกำจัดเถ้าที่เกิดขึ้น

2.2.4 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) คือ ปริมาณสารประกอบคาร์บอนคงตัวซึ่งระเหยได้ยาก โดยจะคงเหลืออยู่หลังจากที่เผาสารระเหยออกไปแล้วที่อุณหภูมิ 950°C ถ่านที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงจะติดไฟได้นานกว่าถ่านที่มีคาร์บอนคงตัวต่ำ ทำให้สิ้นเปลืองถ่านน้อยกว่า

2.2.5 ค่าความร้อน (Calorimetric Value หรือ Heating Value) คือ ค่าความร้อนของการเผาไหม้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิงอัดแท่ง ถ่านที่มีค่าความร้อนสูงถือว่าเป็นถ่านที่มีคุณภาพที่ดี แต่สำหรับการใช้ถ่านในการหุงต้มในครัวเรือนนั้น ถ่านที่มีคุณภาพดีที่สุดนั้นไม่จำเป็นต้องเป็นถ่านที่มีค่าความร้อนสูงสุด แต่ต้องมีสมบัติที่ดีของถ่านด้านอื่นๆ ด้วย เช่น ไม่มีควันและไม่มีการแตกปะทุขณะติดไฟ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

2.2.6 ระยะเวลาที่ใช้จนน้ำเดือด คำนวณจากระยะเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้มน้ำ 1,500 กรัม ในหม้ออะลูมิเนียม เบอร์ 20 จนกระทั่งน้ำเดือด

2.2.7 งานที่ทำได้ คำนวณจากน้ำหนักของน้ำที่ระเหยไปหารด้วยน้ำหนักของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งที่ใช้สุทธิ โดยถ่านอัดแท่งที่มีค่างานที่ทำได้สูงจะมีประสิทธิภาพดีกว่าถ่านอัดแท่งที่มีค่างานที่ทำได้ต่ำ

2.2.8 อัตราการเผาไหม้ คำนวณจากน้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิหารด้วยระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด โดยถ่านอัดแท่งที่มีอัตราการเผาไหม้สูงจะมอดเร็ว

2.2.9 ประสิทธิภาพการใช้งาน คือ ความสามารถในการให้ความร้อนและระยะเวลาในการติดไฟของถ่าน โดยถ่านอัดแท่งที่มีค่าประสิทธิภาพการใช้งานสูงจะติดไฟได้เร็วและให้ความร้อนได้ดี (สุกัญญา จัตตุพรพงษ์, 2539)

2.3 กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้

การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ประกอบไปด้วยขั้นตอน การเตรียมวัตถุดิบ การเผาวัตถุดิบให้เป็นถ่าน การผสมผงถ่านกับตัวประสาน การอัดแท่ง โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ เปลือกสับปะรด ทำโดยเก็บตัวอย่างเปลือกสับปะรดซึ่งเป็นขยะเหลือทิ้งจากร้านขายผลไม้ ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา มาล้างทำความสะอาดแล้วนำเปลือกสับปะรดมาตากแดดให้แห้งสนิท เป็นเวลา 1 - 2 อาทิตย์ หรือจนได้เปลือกที่แห้งพร้อมสำหรับนำไปเผาในขั้นต่อไป

2.3.2 การเผาเปลือกสับปะรด

การเผาวัสดุเหลือทิ้งทางภาคการเกษตรให้เป็นถ่านทำได้หลายวิธี เช่น เตาดินเหนียว เตาอิฐก่อ เตาอิวาเตะ เตาถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร โดยแต่ละวิธีจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันดังแสดงใน**ตารางที่ 2.2** (จิระพงษ์ คูหากาญจน์, 2550)

ตารางที่ 2.2 วิธีการเผาถ่านแบ่งตามประเภทของเตาเผา

วิธีการเผาถ่าน	ข้อดี	ข้อเสีย
1) เตาดินเหนียว	เป็นเตาที่ใช้การลงทุนก่อสร้างต่ำมากหรือไม่มีค่าวัสดุอุปกรณ์เลยก็ได้ การก่อสร้างใช้ดินเหนียวก่อ ซึ่งดินเหนียวสามารถหาได้ตามพื้นที่อยู่แล้ว คุณภาพถ่านที่ได้ถือว่าคุณภาพดี	การสูญเสียความร้อนจะมากกว่าเตาแบบอื่น
2) เตาอิฐก่อ	เป็นเตาเผาถ่านที่สร้างขึ้นจากอิฐมอญ โดยมีดินเหนียวทรายทำหน้าที่เป็นตัวยึดอิฐเข้าด้วยกัน (ตัวประสาน) สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านได้ดี การก่อสร้างเตาอิฐก่อไม่ใช้ปูนซีเมนต์	เนื่องจากสัมประสิทธิ์การขยายตัวของอิฐกับปูนไม่เท่ากัน เมื่อเตาร้อนทำให้เตาเผาถ่านแตกหรือร้าวได้
3) เตาอิวาเตะ	เป็นเตาเผาถ่านที่ใช้อิฐทนไฟและปูนซีเมนต์ทนไฟเป็นวัตถุดิบในการสร้างเตา มีการควบคุมอุณหภูมิในเตาเผาถ่านได้เป็นอย่างดี ซึ่งรูปแบบเตาลักษณะนี้นำต้นแบบมาจากประเทศญี่ปุ่น ดังนั้นเตารูปทรงนี้เป็นรูปแบบที่พัฒนาจากเตาดินและเตาอิฐ ผลผลิตถ่านที่ได้มีจะคุณภาพดีและได้ปริมาณมาก	การลงทุนก่อสร้างจะสูงกว่าเตาดินและเตาอิฐก่อ เนื่องจากอิฐที่ใช้ก่อมีปริมาณมากและการก่อสร้างยุ่งยากมาก
4) เตาถังน้ำมัน 200 ลิตร	การใช้ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร ที่มีฝาปิด เป็นเตาที่หาได้ง่าย ใช้งานง่าย สะดวก ประหยัด รวดเร็ว ใช้งานแล้วจัดเก็บได้ง่าย มีราคาถูกเหมาะสมกับผู้มีต้นทุนต่ำ	หากถังน้ำมันมีราคาสูงจะทำให้ต้นทุนสูง

จาก**ตารางที่ 2.2** ในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร ที่มีฝาปิดเป็นเตาเผา เนื่องจากหาได้ง่าย เป็นวิธีที่ประหยัด ทำได้รวดเร็ว และจัดเก็บได้ง่ายเหมาะกับผู้มีต้นทุนต่ำ

2.3.3 การบดย่อย

ลักษณะผงถ่านที่นำมาใช้ในการอัดแท่งจะต้องละเอียดพอที่จะนำไปขึ้นรูปได้ดี โดยขนาดผงถ่านที่ใช้นั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของถ่านและวิธีการทำผงถ่านให้เป็นแท่ง วิธีการบดย่อยสามารถทำได้หลายวิธีไม่ว่าจะเป็นการใช้เครื่อง หรือวิธีที่ง่ายที่สุด คือ การบดด้วยมือ โดยอาจใช้ครกและสากเป็นอุปกรณ์ อย่างไรก็ตามวิธีนี้ต้องการแรงงานมากและใช้เวลานาน (ธารินี มหายศนันท์, 2548)

2.3.4 ตัวประสาน

ตัวประสาน คือ วัสดุที่ทำให้ผงถ่านยึดติดกัน ซึ่งมีด้วยกันหลายชนิด เช่น แป้งมัน รำข้าวละเอียด ดินเหนียว โมลาส มูลสัตว์ ยางไม้ และอื่นๆ ซึ่งในแต่ละท้องถิ่นก็จะมีการใช้วัสดุที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้น การที่จะเลือกใช้วัสดุใดเป็นตัวประสานนั้นก็ควรจะพิจารณาถึงคุณสมบัติต่อไปนี้

1) ราคา
2) มีแรงยึดเกาะที่ดี
3) ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นขณะเผาไหม้
4) สามารถหาได้ง่าย
5) สามารถละลายน้ำได้ดี

นอกจากนี้ การเลือกใช้วัสดุเป็นตัวประสานนั้นควรเลือกใช้วัสดุที่มาจากภาคเกษตรหรือผลิตผลทางการเกษตรที่เหลือจากการแปรรูปทางอุตสาหกรรม เพื่อเป็นการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าและลดต้นทุนของถ่านอัดแท่ง เช่น แป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาล หรือเหง้ามันสำปะหลัง หากตัวประสานที่ใช้มีค่าความร้อนต่ำ เช่น ดินเหนียว สามารถนำมาใช้ร่วมกับตัวประสานอื่นที่มีค่าความร้อนสูงกว่าได้ ซึ่งจะช่วยยืดระยะเวลาในการเผาไหม้ของถ่านได้ดีขึ้น (ธารินี มหายศนันท์, 2548)

ตัวประสานหนึ่งที่นิยมใช้ในการทำถ่านอัดแท่ง คือ แป้งมันสำปะหลัง ซึ่งทำจากมันสำปะหลัง มีลักษณะเป็นผงสีขาว โดยจะใช้ในรูปของกาวแป้งเปียก โดยนำแป้งมันสำปะหลังมาผสมกับน้ำแล้วให้ความร้อนพร้อมทั้งคนจนแป้งมันสำปะหลังมีสีใส จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็น แล้วจึง

นำมาใช้งาน การใช้กาวแป้งเปียกเป็นตัวประสานในการทำถ่านอัดแท่งมีข้อดีหลายประการ คือ ไม่มีความเป็นพิษเนื่องจากทำมาจากแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งสามารถนำมาบริโภคได้ หาได้ง่าย ราคาถูก สามารถทำให้ส่วนผสมยึดติดกันได้ และให้ค่าความร้อนสูง (เจริญศักดิ์ โรจน์ฤทธิ์เชษฐ์, 2550)

2.3.5 การผสม

การผสมเป็นขั้นตอนการนำผงถ่านที่ผ่านการบดแล้วมาผสมกับตัวประสานเพื่อให้ผงถ่านยึดติดกัน พร้อมสำหรับการอัดเป็นแท่ง ซึ่งอัตราส่วนระหว่างผงถ่านกับตัวประสานเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง (ธารินี มหายศนันท์, 2548)

2.3.6 การอัดแท่ง

การอัดแท่งเป็นการอัดส่วนผสมตามอัตราส่วนที่ต้องการให้เป็นแท่งเพื่อให้ได้รูปร่างและความหนาแน่นของเนื้อถ่านอัดแท่งตามที่ต้องการ ถ่านอัดแท่งที่มีความหนาแน่นเหมาะสมจะช่วยให้เกิดการลุกไหม้ให้ความร้อนได้นาน หากถ่านอัดแท่งมีความหนาแน่นน้อยเกินไปจะทำให้เกิดการลุกไหม้และมอดเร็ว ไม่สะดวกต่อการใช้งานเพราะต้องเติมถ่านบ่อยๆ ส่วนถ่านที่มีความหนาแน่นมากเกินไปจะทำให้การลุกไหม้เกิดไม่สะดวกและบางครั้งอาจทำให้ถ่านอัดแท่งดับอีกด้วย ซึ่งการอัดแท่งเพื่อทำถ่านอัดแท่งทำได้ 2 วิธีดังนี้ (ลักษมี วาณิชย์, 2545)

1) การอัดร้อน เป็นการอัดวัสดุโดยที่วัสดุไม่จำเป็นต้องเผาให้เป็นถ่านมาก่อน เมื่ออัดเป็นแท่งเสร็จแล้วค่อยนำเข้าเตาให้เป็นถ่านอีกครั้งหนึ่ง วัสดุที่สามารถผลิตโดยวิธีการอัดร้อนนี้มี 2 ชนิด คือ แกลบและขี้เลื่อย เพราะวัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้ เมื่อโดนอัดด้วยความร้อนจะมีสารในเนื้อของวัสดุยึดตัวมันเอง จึงทำให้สามารถยึดเกาะเป็นแท่งได้ โดยที่ไม่ต้องใช้ตัวประสาน โดยที่เครื่องอัดต้องเป็นเครื่องอัดชนิดอัดร้อน ซึ่งราคาค่อนข้างสูง

2) การอัดเย็น เป็นการอัดวัสดุที่เผาถ่านมาแล้วนำมาผสมกับแป้งมันสำปะหลังหรือวัสดุประสานอื่นๆ โดยเมื่อเผาวัสดุนั้นแล้วต้องบดให้ละเอียดก่อนแล้วจึงนำมาผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนที่ต้องการ

นอกจากนี้การอัดแท่งถ่านยังสามารถแบ่งเป็นวิธีการอัดแท่งด้วยมือและการอัดแท่งโดยใช้เครื่องจักร โดยแต่ละวิธีการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (ลักษมี วาณิชย์, 2545)

1) การอัดแท่งด้วยมือ การอัดแท่งด้วยวิธีนี้เหมาะสมเมื่อมีวัตถุดิบที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งน้อย เหมาะสมกับการผลิตใช้ในครัวเรือน โดยวิธีการผลิตจะนำวัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการย่อยและร่อนแล้วมาผสมกับตัวประสาน นำมาใส่ลงในกระบอก ซึ่งกระบอกอาจทำด้วย

ท่อประปาหรือท่อเหล็กที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ถึง 2.5 เซนติเมตร ส่วนความยาวของกระบอกจะขึ้นกับความต้องการของผู้ใช้งาน แล้วจึงตำหรือกระทุ้งด้วยแท่งเหล็กที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ถึง 2.5 เซนติเมตร เหล็กกระทุ้งควรมีความยาวมากกว่ากระบอกเล็กน้อย และปลายที่ใช้ถือควรทำเป็นตัว T เพื่อสะดวกในการจับ เมื่อตำหรือกระทุ้งแล้วจึงคว่ำปากกระบอกลง แล้วใช้แท่งเหล็กดันเอาถ่านออก ทางด้านล่างของกระบอก

2) การอัดแท่งด้วยเครื่องจักร เป็นวิธีที่สามารถผลิตถ่านอัดแท่งได้ในปริมาณมาก และถ่านอัดแท่งที่ได้จะมีคุณภาพเท่ากันทุกก้อน แต่จะมีต้นทุนในการผลิตถ่านอัดแท่งสูง และในกรณีที่ใช้เครื่องอัดแท่งจำเป็นจะต้องมีเครื่องจักรตัวอื่นเพิ่มขึ้นมาด้วยในขบวนการผลิต เช่น เครื่องบด เครื่องผสม เครื่องอบ

2.3.7 การตากแห้ง

เนื่องจากถ่านอัดแท่งที่ได้ยังมีปริมาณความชื้นสูงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้งาน จึงต้องนำไปตากแดดให้แห้งเพื่อลดความชื้นให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 8% โดยน้ำหนัก และทำให้ถ่านอัดแท่งแข็งตัวเกาะกัน เพื่อให้ได้ถ่านอัดแท่งที่มีคุณภาพที่ดี ไม่มีควัน และมีความแข็งแกร่ง การทำให้แห้งอาจทำโดยการอบหรือตากแดด กรณีตากแดดสามารถทำการตรวจสอบอย่างง่ายโดยการนำถุงพลาสติกมาห่อแท่งถ่านเอาไว้ปิดให้สนิทนำไปตากแดดทิ้งไว้ประมาณครึ่งชั่วโมง สังเกตไอน้ำที่ถุงพลาสติก ถ้ามีน้ำอยู่แสดงว่าถ่านอัดแท่งยังมีความชื้นสูง ควรนำไปตากแดดต่อ (ธารินี มหายศนันท์, 2548)

2.4 ข้อมูลทั่วไปของสับปะรด

สับปะรดเป็นพืชเกษตรอุตสาหกรรมที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทย สามารถส่งออกและบริโภคในประเทศในรูปของผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น สับปะรดกระป๋อง น้ำสับปะรด ทำรายได้เข้าสู่ประเทศปีละหลายพันล้านบาท และยังมีแนวโน้มที่จะขยายตัวออกไปอีก ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ของโลก โดยผลิตได้ถึง 1.78 ล้านต้นในปี พ.ศ 2558 และศูนย์สารสนเทศการเกษตรสำนักงานเศรษฐกิจได้ประมาณการว่าในปี พ.ศ 2559 จะมีผลผลิตรวม 1.89 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558)

สับปะรดเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน สามารถทนต่อสภาพอุณหภูมิต่ำได้ แหล่งปลูกสับปะรดที่สำคัญของโลก ได้แก่ ประเทศสหภาพอัฟริกาใต้ ไอวอรี่โคสต์ เคนย่า เม็กซิโก สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย ฟิลิปปินส์ ไต้หวัน มาเลเซีย อินโดนีเซีย และไทย พื้นที่ที่มี

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกมักจะเป็นบริเวณใกล้ทะเล ซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นไม่แปรปรวนมากนัก (จรูญ พรหมชุม, 2553)

2.4.1 ลักษณะทางพฤกษาศาสตร์ของสับปะรด

ชื่อสามัญ:	สับปะรด (Pineapple)
ชื่อวงศ์:	Bromeliaceae
ชื่อวิทยาศาสตร์:	*Ananas Comosus* Merr.
ลักษณะของดอก:	ช่อดอกแบบ Spike ดอกสมบูรณ์เพศกลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงิน
ลักษณะของผล:	เป็นทรงกระบอกโคนผลใหญ่ปลายเล็กเรียว น้ำหนักเฉลี่ย 2.3 - 3.6 กิโลกรัม ผลกว้างเฉลี่ย 11.9 เซนติเมตร ผลยาว เฉลี่ย 18.6 เซนติเมตร ตาตื้น
อายุการเก็บเกี่ยว:	178 วัน
สีเปลือก:	ผลแก่สีเขียวปนดำ ผลสุกสีเหลืองปนส้ม
สีเนื้อ:	สีเหลืองอ่อนถึงเหลืองทอง

รูปที่ 2.2 ผลสับปะรดและเปลือกสับปะรด
ที่มา: ศันสนีย์ เกษตรสินสมบัติ (2554)

2.4.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

สับปะรดต้องการอากาศค่อนข้างร้อน อุณหภูมิที่เหมาะสมในการปลูกสับปะรดอยู่ระหว่าง 23.9 - 29.4°C ปริมาณน้ำฝนที่ต้องการอยู่ในช่วง 1,001 - 1,500 มิลลิเมตรต่อปี แต่ต้องตกกระจายสม่ำเสมอตลอดปี และมีความชื้นในอากาศสูง สับปะรดขึ้นในดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินปน

ลูกรัง ดินทรายชายทะเล และชอบที่ลาดเท เช่น ลาดเชิงเขา สภาพความเป็นกรดด่าง (pH) ของดินอยู่ในช่วง 4.5 - 5.5 แต่ไม่เกิน 6.0 (ศันสนีย์ เกษตรสินสมบัติ, 2554)

2.4.3 ฤดูกาลเก็บเกี่ยวสับปะรด

สับปะรดสามารถให้ผลผลิตได้ทั้งปี แต่อย่างไรก็ตาม ในช่วงเก็บเกี่ยวในฤดู (ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน - มกราคม และกลางเดือนเมษายน - กรกฎาคม) สับปะรดจะให้ผลผลิตมากในตลาดมีราคาถูก ในขณะที่ช่วงเก็บเกี่ยวนอกฤดู (ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ - ต้นเดือนเมษายน และเดือนสิงหาคม - ตุลาคม) สับปะรดจะให้ผลผลิตน้อย ราคาแพง (ศันสนีย์ เกษตรสินสมบัติ, 2554)

2.4.4 แหล่งที่ปลูกสับปะรดในไทย

สับปะรดสามารถปลูกได้ในแทบทุกพื้นที่ในประเทศไทย อย่างไรก็ตามแหล่งปลูกสับปะรดที่สำคัญของไทยอยู่ในพื้นที่ใกล้ทะเล ได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดจันทบุรี จังหวัดตราด และจังหวัดต่างๆ ในภาคใต้ เช่น จังหวัดภูเก็ต จังหวัดพังงา (ศันสนีย์ เกษตรสินสมบัติ, 2554)

2.4.5 สายพันธุ์สับปะรดในประเทศไทย

ประเทศไทยมีพันธุ์สับปะรดอยู่ 7 สายพันธุ์ (ณัจนันท์ แก้วศรี, 2557) คือ

2.4.5.1 พันธุ์ปัตตาเวีย (Smooth Cayenne) หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า **พันธุ์ศรีราชา** มีผลใหญ่ที่สุดในบรรดาสับปะรดด้วยกัน เนื้อมีรสหวานฉ่ำ ใบมีสีเขียวเข้ม กลางใบเป็นร่องมีสีแดงอมน้ำตาล ปลายใบมีหนามเล็กน้อย ปลูกมากในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดระยอง และจังหวัดลำปาง

2.4.5.2 พันธุ์อินทรชิต หรืออินทรชิตแดง (Singapore Spanish) เป็นพันธุ์เก่าแก่ที่สุดของประเทศไทยปลูกมานานนับตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยา ต้นมีขนาดใหญ่กว่าพันธุ์ปัตตาเวียเล็กน้อย แต่มีหนามแหลมคมรูปโค้งงอ สีน้ำตาลแดงที่ขอบใบ ใบมีสีเขียวอ่อน ผลย่อยนูนเด่นชัด ตาลึกเมื่อแก่จัด เนื้อเป็นสีทอง รสไม่หวานจัด ภายในผลมีเส้นใยมากและผลค่อนข้างเล็ก ปลูกมากที่อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา

2.4.5.3 พันธุ์ขาว (Selangor Green) เป็นพันธุ์ที่ปลูกมากในอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา มีทรงพุ่มเตี้ย มีใบสีเขียวอมเหลือง ใบสั้นและแคบกว่าอินทรชิต ขอบใบมีหนาม

แหลม ผลมีหลายจุก แต่เนื้อมีรสชาติและคุณภาพคล้ายคลึงกับพันธุ์อินทรชิตมาก จึงมีผู้สันนิษฐานว่าคงจะกลายพันธุ์มาจากพันธุ์อินทรชิต

2.4.5.4 **พันธุ์ภูเก็ตหรือสวี** (Malacca Queen) เป็นพันธุ์ที่มีใบแคบ และยาว ใบสีเขียวอ่อนและมีแถบสีแดงตอนกลางใบ ขอบใบเต็มไปด้วยหนามสีแดง ผลมีขนาดเล็ก ผลย่อยนูนตาลึก เนื้อมีสีเหลือง รสหวานกรอบ และมีกลิ่นหอม นิยมปลูกกันมากในภาคใต้บริเวณจังหวัดภูเก็ตและจังหวัดชุมพร

2.4.5.5 **พันธุ์นางแล หรือพันธุ์น้ำผึ้ง** ลักษณะของต้น ใบ ดอก และผลจะคล้ายคลึงกับพันธุ์ปัตตาเวียมาก จึงอาจเป็นพันธุ์ย่อยหรือกลายพันธุ์มาจากพันธุ์ปัตตาเวีย มีปลูกมากที่ ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ในปัจจุบันมีการปลูกสับปะรดชนิดนี้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีรสหวานจัดเป็นที่นิยมของตลาด

2.4.5.6 **พันธุ์ตราดสีทอง** สับปะรดพันธุ์นี้จะไม่เหมือนพันธุ์อื่นตรงที่มีรสชาติหวานและกรอบทั้งผล โดยเฉพาะผิวเป็นตาๆ สีเหลือง

2.4.5.7 **พันธ์ภูแล** จะมีผลขนาดเล็ก เนื้อสีทอง กลิ่นหอม แกนสับปะรดกรอบ รับประทานได้รสชาติหวานปานกลาง สับปะรดภูแลเชียงรายหรือในชื่อเรียกสับปะรดภูแลเป็นสับปะรดสายพันธุ์กลุ่มควีน ลูกเล็ก และสามารถปลูกได้ตลอดปี

2.5 ประโยชน์ของสับปะรด

2.5.1 เนื้อสับปะรด

ใช้รับประทานสดหรือแปรรูปเป็นสับปะรดแช่อิ่ม สับปะรดกวน สับปะรดแห้ง แยมสับปะรด สับปะรดกระป๋อง และน้ำสับปะรด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือใช้เนื้อสับปะรดกับปลาและเกลือหมักไว้ทำเป็นอาหารที่เรียกว่า “เค็มหมากนัด”

2.5.2 ใบสับปะรด

2.5.2.1 ใบสับปะรดสดสามารถนำมาทอเป็นผ้าใยสับปะรด ในฟิลิปปินส์ เรียกว่า “ผ้าบารอง’’ ราคาแพงนิยมตัดเป็นชุดสากลประจำของชาติฟิลิปปินส์และไต้หวัน

2.5.2.2 เยื่อกระดาษจากใบสับปะรดกระดาษจากใยสับปะรดจะได้กระดาษที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือ เบามาก มีผิวนุ่มเนียน สามารถบิดงอหรือเปลี่ยนรูปร่างได้ง่ายโดยไม่เสียหาย ในหลายประเทศใช้เป็นกระดาษสำหรับธนบัตร

2.5.3 เปลือกสับปะรด

เปลือกสับปะรดเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดหนึ่งที่มีปริมาณมาก เปลือกสับปะรดหากปล่อยทิ้งไว้จะเกิดเป็นขยะและการเน่าเสียเกิดเป็นก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งส่งกลิ่นรบกวนและยังเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน จึงนำเปลือกสับปะรดที่เหลือทิ้งมาทำประโยชน์ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาขยะเหลือทิ้ง (กะชามาศ สายดำ, 2558)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลักษมี สุทธิวิไลรัตน์ (2545) ได้ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วย โดยนำเปลือกกล้วยมาเผาเป็นถ่านด้วยเตาถังเดี่ยว พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านเฉลี่ย 17.13% และมีพลังงานความร้อนเฉลี่ย 6,771.16 แคลอรี/กรัม แต่ถ่านที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ไม่สะดวกต่อการนำไปใช้งาน และได้ทำฟืนอัดแท่งจากเปลือกกล้วย โดยใช้เปลือกกล้วยสับ 2,000 กรัม ผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 50, 100, 200 และ 300 กรัม พบว่า สามารถอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ แต่แท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีความหนาแน่นน้อย เมื่อแห้งไม่เกาะติดกัน จึงยังไม่เหมาะต่อการใช้งานเช่นกัน เมื่อนำถ่านเปลือกกล้วยมาทำถ่านอัดแท่ง โดยใช้ถ่านจากเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม ผสมกับน้ำแป้งมันสำปะหลังที่มีความเข้มข้นของแป้งต่อน้ำโดยน้ำหนักเท่ากับ 3%, 5%, 8% และ 10% พบว่า ทุกระดับความเข้มข้นของกาวสามารถอัดเป็นแท่งถ่านได้ อัตราส่วนที่ได้ถ่านอัดแท่งที่มีคุณสมบัติดีที่สุด คือ อัตราส่วนที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม กับน้ำแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้น 10% ซึ่งถ่านอัดแท่งมีค่างานที่ได้ 1.85 ประสิทธิภาพการใช้งาน 24.76% อัตราการเผาไหม้ 6.64 กรัม/นาที และพลังงานความร้อนเฉลี่ย 5,718.25 แคลอรี/กรัม

สังเวย เสวกวิหาร (2553) ได้ทำการศึกษาผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหินพานต์ โดยนำเปลือกเมล็ดมะม่วงหินพานต์มาเผาด้วยเตาแบบอังโล่ เตาเผาแบบอุณหภูมิสูง และเตาเผาแบบแผ่นเหล็ก พบว่า ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหินพานต์ที่ได้ยังคงรูปร่างลักษณะเดิม จากนั้นนำมาเข้าเครื่องบดละเอียดให้เป็นผงถ่าน ผสมผงถ่านกับแป้งมันในอัตราส่วน 5:1 (โดยละลายแป้งมันในน้ำร้อน 1 ลิตร จนเป็นกาวแป้งเปียก) ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน นำมาเข้าเครื่อง

อัดแท่งด้วย เครื่องอัดมือได้แท่งเชื้อเพลิงที่คงรูปไม่แตกหัก เมื่อนำไปตากแดดจนแห้งสนิทแล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิง พบว่า เปลือกเมล็ดมะม่วงหินพานต์สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงในครัวเรือนได้

เกรียงไกร วงศาโรจน์ (2554) ได้ทำการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลจากสบู่ดำด้วยเทคนิคทรูซันแบบอัดรีดเย็น รวมทั้งศึกษาคุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในรูปของค่าความร้อนต้านทานแรงกล วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการทดลอง คือ ลำต้นและกิ่งสบู่ดำโดยนำไปผสมกับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่นๆ ได้แก่ แกลบ ชานอ้อย กากมันสำปะหลัง และซังข้าวโพด สารเหนียวที่ใช้เป็นตัวประสานทำจากแป้งเปียกและโมลาส ก่อนทำการผสมตัวประสานลงไป วัตถุดิบจะถูกบดด้วยเครื่องจนมีขนาดเล็กกว่า 3 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้แท่งเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพ นำวัตถุดิบมาผสมกับตัวประสานในสัดส่วนต่างๆ พบว่า ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงจะแปรผันตรงกับปริมาณสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นของสบู่ดำ และที่อัตราส่วนผสมเดียวกันแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานจะให้ค่าความร้อนสูงกว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้โมลาสเป็นตัวประสาน แต่อย่างไรก็ตามค่าความร้อนและค่าความต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตโดยใช้ตัวประสานทั้ง 2 ชนิด มีค่าสูงพอที่จะใช้ผลิตแท่งเชื้อเพลิง โดยค่าความร้อนมีค่าอยู่ประมาณ 1,599 แคลอรี/กรัม ค่าความต้านทานแรงกดอยู่ที่ 0.46 - 2.46 เมกกะปาสคาล

ธัญญรัตน์ อินทร์เจริญ (2554) ได้ทำการศึกษาพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน โดยการนำเปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนีและหมอนทองที่เหลือทิ้งมาสับด้วยเครื่องหั่นย่อยให้มีขนาด 8 มิลลิเมตร นำไปตากแดดให้มีความชื้นพอเหมาะต่อการอัดแท่ง 2 แบบ คือ แบบอัดร้อนและอัดเย็น จากนั้นนำแท่งเชื้อเพลิงแข็ง (ทั้งชนิดอัดร้อนและอัดเย็นของเปลือกทุเรียนทั้ง 2 สายพันธุ์) มาวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีปริมาณเถ้า 5.5 - 8.0% ปริมาณสารระเหย 72.4 - 81.1% ค่าคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดร้อนของเปลือกทุเรียนสายพันธุ์ชะนีและหมอนทอง มีค่าเท่ากับ 10.2% และ 7.2% ตามลำดับ ซึ่งจะสูงกว่าค่าคาร์บอนคงตัวของการอัดเย็นที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.3 - 7.6% ค่าความร้อนเปลือกทุเรียนอัดแท่งแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็นอยู่ระหว่าง 3,609 - 3,844 แคลอรี/กรัม โดยแท่งเชื้อเพลิงแบบอัดร้อนจะให้ค่าความร้อนสูงกว่าแบบอัดเย็นเล็กน้อย ค่าความหนาแน่นของถ่านเปลือกทุเรียนอัดแท่งแบบอัดร้อนจะมีค่า 2.9 และ 3.2 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนทั้งสองสายพันธุ์มีค่าการทนแรงอัดต่ำโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5.5 - 12.2 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ซึ่งการอัดร้อนจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าสูง คือ มีค่าระหว่าง 0.440 - 0.456 กิโลวัตต์/กิโลกรัม ในขณะที่การอัดเย็นจะสิ้นเปลือง

พลังงานไฟฟ้าเพียง 0.05 - 0.059 กิโลวัตต์/กิโลกรัม ซึ่งสรุปได้ว่า โดยทั่วไปเปลือกทุเรียนจะสามารถนำมาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงเพื่อใช้เป็นพลังงานความร้อนในครัวเรือนแทนฟืนและถ่านไม้ได้

สังเวย เสวกวิหาร (2555) ได้ทำการศึกษาศักยภาพด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมังคุด โดยนำเปลือกมังคุดที่เป็นของเหลือทิ้งจากครัวเรือนมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งแทนการใช้ฟืนและถ่านไม้ โดยใช้กาวแป้งเปียกเป็นตัวประสานและอัดแท่งด้วยเครื่องอัดมือ พบว่า เมื่อนำเปลือกมังคุดมาเผาจะได้ถ่านเปลือกมังคุดที่มีสีดำและน้ำหนักเบา จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดจนเป็นผงถ่าน ผสมผงถ่านเปลือกมังคุดกับแป้งมัน (โดยละลายแป้งมัน 200 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร จนเป็นกาวแป้งเปียก) ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วนำมาอัดได้แท่งเชื้อเพลิงที่คงรูปไม่แตกหัก เมื่อนำไปตากแดดจนแห้ง แล้วนำไปทดสอบศักยภาพด้านพลังงาน พบว่า มีค่าความร้อนเท่ากับ 5,920 แคลอรี/กรัม ปริมาณคาร์บอนคงตัว 61.7% ปริมาณเถ้า 7% อัตราการเผาไหม้ 11.80% สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมังคุดสามารถใช้หุงต้มได้ดี ไม่มีการแตกปะทุ ติดไฟดี ไม่มีเขม่า ไม่มีควัน และไม่มีกลิ่นรบกวนขณะใช้งาน แท่งเชื้อเพลิงนี้จึงเหมาะสำหรับจะผลิตเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนและชุมชน หรือผลิตเพื่อการค้าและในอุตสาหกรรม แทนการใช้เชื้อเพลิงจากฟืนและถ่านไม้ซึ่งจะช่วยลดภาวะโลกร้อนได้

ธนาพล ตันติสัตยกุล (2558) ได้ศึกษาความเหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด โดยนำเปลือกสับปะรดที่เหลือทิ้งมาเข้าเครื่องย่อยเป็นชิ้นและนำมาอัดแท่งแบบอัดเย็นโดยใช้น้ำแป้งเป็นตัวประสาน (อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง 50 กรัม:น้ำ 1 ลิตร) อัตราส่วนเปลือกสับปะรด:น้ำแป้งมันสำปะหลัง (10:5, 10:6, 10:7, 10:8 และ 10:9) นำมาอัดเป็นแท่ง จากนั้นนำมาตากแดด 1 อาทิตย์ โดยการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การศึกษาความเหมาะสมทางเทคนิคซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์สมบัติด้านเชื้อเพลิงของแท่งเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM และวิเคราะห์ผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมในรูปของการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผลการศึกษาพบว่า แท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 3,235 - 3,389 แคลอรี/กรัม ค่าความชื้น 12.7- 20.5% ปริมาณสารระเหย 56 - 68.9% ปริมาณเถ้า 3.1 - 3.6% คาร์บอนคงตัว 9.9 - 20.7% รวมทั้งได้นำค่าที่ได้จากการศึกษาไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น โดยเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากกิ่งสบู่ดำ เปลือกมังคุด เปลือกทุเรียน และทางมะพร้าว ซึ่งเมื่อพิจารณาองค์ประกอบของเชื้อเพลิง พบว่า เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด มีปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า และคาร์บอนคงตัวดีกว่าเชื้อเพลิงชีวมวลจากงานวิจัยอื่นแต่มีปริมาณความชื้นด้อยกว่า และยังพบว่า การใช้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดแทนฟืนไม้สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 13.13 kg CO_2eq/kg เปลือกสับปะรดแห้งที่ใช้

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเห็นได้ว่า วัสดุเหลือทิ้ง เช่น เปลือกมังคุด เปลือกสับปะรด เปลือกทุเรียน เปลือกเมล็ดมะม่วงหินพานต์ และกิ่งสบู่ดำ สามารถนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งที่มีคุณภาพดีได้ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงในครัวเรือนแทนการใช้ถ่านไม้และฟืนได้ รวมทั้งการผลิตถ่านอัดแท่งไม่มีการใช้สารเคมีใด ดังนั้น ถ่านอัดแท่งจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด ซึ่งเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรมาใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้แก่วัสดุเหลือทิ้งช่วยลดปริมาณขยะมูลฝอยที่ต้องนำไปกำจัด และช่วยลดการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อนำมาทำฟืนและถ่านได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 กรอบแนวคิดวิธีการดำเนินงาน

กรอบแนวคิดการศึกษาเรื่องการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด แสดงไว้ในรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 กรอบแนวคิดวิธีการดำเนินงาน

3.2 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากร้านขายผลไม้โดยมีรายละเอียดขอบเขตการวิจัยดังนี้

3.2.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ เปลือกสับปะรดที่เหลือทิ้งจากร้านขายผลไม้ ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ดังแสดงใน**รูปที่ 3.2**

รูปที่ 3.2 เปลือกสับปะรดที่เหลือทิ้งจากร้านขายผลไม้ ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

3.2.2 สถานที่ดำเนินการวิจัย

1) สถานที่เผาเปลือกสับปะรดและศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด บ้านเลขที่ 83/1 หมู่ที่ 1 ตำบลแป-ระ อำเภอท่าแพ จังหวัดสตูล

2) สถานที่ทำการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด (ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า คาร์บอนคงตัว) ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และห้องปฏิบัติการเคมี อาคารศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

3) หาค่าความร้อน โดยเครื่อง Bomb Calorimeter ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

3.3 วัตถุดิบและวัสดุอุปกรณ์

3.3.1 วัตถุดิบ

1) เปลือกสับปะรด
2) แป้งมันสำปะหลัง
3) น้ำสะอาด

3.3.2 วัสดุและอุปกรณ์

1) ถังน้ำมัน ขนาด 200 ลิตร
2) ครกบด
3) ถาดอะลูมิเนียม
4) หม้ออะลูมิเนียม เบอร์ 20
5) เตาอังโล่
6) ตะแกรงตากเปลือกสับปะรด
7) ตะแกรงร่อนขนาด 1 ไมครอน
8) ถังพลาสติก
9) บีกเกอร์
10) ถุงมือกันความร้อน
11) เข่งใส่เปลือกสับปะรด
12) กระบอกอัดสำหรับอัดถ่านอัดแท่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ความสูง 4.5 เซนติเมตร
13) เทอร์โมมิเตอร์
14) แท่งแก้ว

3.3.3 เครื่องมือ

1) ตู้อบ (Hot Air Oven) รุ่น D-91126 Schwabach ยี่ห้อ Memmert
2) เตาเผา (Furnace) รุ่น RWF1100 ยี่ห้อ CARBOLITE
3) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Analytical Balance) รุ่น AL204 ยี่ห้อ METLER TOLEDO
4) ถ้วย Crucible
5) โถดูดความชื้น (Desiccators)

3.4 วิธีการวิเคราะห์

การศึกษานี้ประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมเปลือกสับปะรด การเผาเปลือกสับปะรด การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด (โดยวิธีการอัดเย็น) การทดสอบการบีบและการตกกระแทกของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด การศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด และการศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่ง (สำหรับภาพประกอบการศึกษาแต่ละขั้นตอนแสดงไว้ใน**ภาคผนวก ง**)

3.4.1 การเตรียมเปลือกสับปะรด

เก็บเปลือกสับปะรดที่เป็นขยะเหลือทิ้งจากร้านขายผลไม้ บริเวณตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา นำมาล้างทำความสะอาด นำเปลือกสับปะรดมาตากแดดให้แห้งสนิท เป็นเวลา 1-2 อาทิตย์ หรือจนได้เปลือกสับปะรดที่แห้ง

3.4.2.การเผาเปลือกสับปะรด

ใช้ถังน้ำมันที่มีขนาด 200 ลิตร ที่มีฝาปิดเป็นเตาเผา เพราะทำได้ง่าย สะดวก ประหยัด รวดเร็ว โดยการนำเปลือกสับปะรดตากแห้งใส่ในตะแกรงลวดแล้วนำไปใส่ในเตาเผา จุดเชื้อไฟเผาให้เปลือกสับปะรดลุกไหม้ทั่วกันทั้งตะแกรงปิดฝาเผานาน 15 นาที แล้วปล่อยให้เตาเผาเย็น จึงเปิดฝาเตาจะได้ถ่านเปลือกสับปะรดที่มีลักษณะสีดำและมีน้ำหนักเบา

ข้อสังเกต ถ่านเปลือกสับปะรดที่นำไปอัดแท่งต้องดำสนิท ไหม้หมด ชาวบ้านเรียกว่า “สุกได้ที่” หากมีสีน้ำตาล แสดงว่า ไหม้ไม่หมดต้องนำไปเผาใหม่ เนื่องจากหากนำไปใช้เป็นถ่านอัดแท่งแล้วจะทำให้มีควันมาก (นายจงกล สุภารัตน์, 2555)

3.4.3 การศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดโดยวิธีการอัดเย็น

นำถ่านเปลือกสับปะรดที่ได้จากการเผามาบดด้วยครกบดจนเป็นผงถ่าน จากนั้นร่อนด้วยตะแกรงขนาด 1 ไมครอน นำผงถ่านเปลือกสับปะรดผสมกับกาวแป้งเปียกตามอัตราส่วนต่างๆ 5 อัตราส่วน ดังแสดงใน**ตารางที่ 3.1** จากนั้นอัดเป็นแท่งด้วยวิธีอัดเย็น โดยใช้เครื่องอัดมือ ซึ่งเป็นแท่งทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตรและขนาดความสูง 4.5 เซนติเมตร

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผงถ่านเปลือกสับปะรด:กาวแป้งเปียก (อัตราส่วนโดยน้ำหนัก)

ตัวอย่าง	อัตราส่วน	ถ่านเปลือกสับปะรด (กิโลกรัม)	กาวแป้งเปียก (มิลลิลิตร)
1	1:0.5	1	500
2	1:0.75	1	750
3	1:1	1	1,000
4	1:1.5	1	1,500
5	1:2	1	2,000

* **หมายเหตุ:** กาวแป้งเปียกผสมด้วยสัดส่วน แป้งมันสำปะหลัง 200 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร

3.4.4 การทดสอบการบีบและการตกกระแทกของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

การทดสอบการบีบและการตกกระแทกเป็นการทดสอบเพื่อดูความสามารถของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดในการคงรูปเป็นแท่งและความแกร่งของถ่าน โดยมีรายละเอียดวิธีการทดสอบดังนี้

1) การทดสอบการบีบ ทำได้โดยใช้มือบีบก้อนถ่านอัดแท่ง เพื่อดูว่าก้อนถ่านที่ทดสอบเกิดการแตกหักขึ้นหรือยังคงรูปเดิม

2) การตกกระแทก ทำได้โดยการปล่อยถ่านอัดแท่งที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร และ 100 เซนติเมตร เพื่อดูว่าก้อนถ่านอัดแท่งที่ปล่อยลงมามีการแตกหักหรือยังคงรูปเดิมของก้อนถ่าน

จากนั้นเลือกถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดที่มีอัตราส่วนที่เหมาะสม (ยังคงรูปเดิมไม่แตกหัก) มา 3 อัตราส่วน เพื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดและประสิทธิภาพการใช้งานต่อไป

3.4.5 ศึกษาคุณสมบัติการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

จากการศึกษาคุณสมบัติการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด โดยนำถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดมาบดเป็นผงแล้วร่อนด้วยตะแกรงขนาด 1 ไมครอน แล้วนำไปตรวจวิเคราะห์หาสมบัติด้านเชื้อเพลิง ดังแสดงรายละเอียดใน**ตารางที่ 3.2** (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553)

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ตารางที่ 3.2 การตรวจวิเคราะห์หาสมบัติด้านเชื้อเพลของถ่านอัดแท่ง

พารามิเตอร์	วิธีการ
ความชื้น (Moisture Content; %)	ASTM D3173
ปริมาณเถ้า (Ash Content; %)	ASTM D3174
ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter; %)	ASTM D3175
คาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon; %)	ASTM D3172
ค่าความร้อน (Heating Value; แคลอรี่/กรัม)	ASTM D5865

3.4.5.1 ค่าปริมาณความชื้น (Moisture Content): ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3173 โดยมีวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

วิธีการทดลอง

1) นำถ้วย Crucible ที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105°C
2) จากนั้นนำไปใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccators) 1 ชั่วโมง จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W_1)
3) ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1 กรัม (W) ใส่ในถ้วย Crucible ที่ชั่งน้ำหนักแล้ว
4) นำไปอบที่อุณหภูมิ 105°C 1 คืน
5) นำไปใส่ในโถดูดความชื้น 2 ชั่วโมง จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W_2)

สูตรการคำนวณ

$$M = \frac{(W_1 - W_2)}{W} \times 100$$

เมื่อ M = ปริมาณความชื้น (%)
W_1 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)
W_2 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)
W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

662.88
ส๗๓

USA 2561

3.4.5.2 ปริมาณเถ้า (Ash Content): ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3174 โดยมีวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

วิธีการทดลอง

1) นำถ้วย Crucible ที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105°C

2) จากนั้นนำไปใส่ในโถดูดความชื้น 1 ชั่วโมง จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W_3)

3) ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1 กรัม (W) ใส่ลงไปในถ้วย Crucible

4) นำไปเผาที่อุณหภูมิ 750°C 4 ชั่วโมง

5) ใส่ในโถดูดความชื้น 2 ชั่วโมง จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W_4)

สูตรการคำนวณ

$$A = \frac{(W_3 - W_4)}{W} \times 100$$

เมื่อ A = ปริมาณเถ้า (%)

W_3 = น้ำหนักถ้วยและเถ้าของตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

W_4 = น้ำหนักถ้วย (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

3.4.5.3 ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter): การวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3175 โดยมีวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

วิธีการทดลอง

1) เผาถ้วย Crucible พร้อมฝาที่ อุณหภูมิ 950°C ประมาณ 30 นาที

2) จากนั้นใส่ในโถดูดความชื้น 1 ชั่วโมง จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W_5)

3) ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1 กรัม (W) ใส่ลงไปในถ้วย Crucible แล้วปิดฝา

4) นำไปเผาที่อุณหภูมิ 950°C 7 นาที

5) นำออกจากเตาเผาทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น 2 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (W_6)

สูตรการคำนวณ

$$V = \left[\frac{W_5 - W_6}{W} \times 100\right] - M$$

เมื่อ V = ปริมาณสารระเหย (%)

M = ปริมาณความชื้น (%)

W_5 = น้ำหนักของถ้วย Crucible พร้อมฝาและตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

W_6 = น้ำหนักของถ้วย Crucible พร้อมฝาและตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

3.4.5.4 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon): ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3172 โดยคำนวณได้จากสูตร

% คาร์บอนคงตัว = 100 - (% ปริมาณความชื้น) - (% ปริมาณสารระเหย) - (% ปริมาณเถ้า)

3.4.5.5 ค่าความร้อน (Heating Value) ส่งตรวจวิเคราะห์ค่าความร้อนที่ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D5865

3.4.6 การศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

นำถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดที่ตากแดดจนแห้งสนิทมาศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มโดยการต้มน้ำ 1,500 กรัม ด้วยถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด 500 กรัม สังเกตการแตกปะทุของเชื้อเพลิง ปริมาณควันของเชื้อเพลิง ขณะติดไฟ วัดอุณหภูมิของน้ำ และบันทึกเวลาที่ใช้จนกระทั่งน้ำเดือด

การคำนวณค่างานที่ได้ อัตราการเผาไหม้ และประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดมีรายละเอียดดังนี้ (ธีระพงษ์ คูหากาญน์, 2550)

$$\text{งานที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ (กรัม)}}$$

$$\text{อัตราการเผาไหม้} = \frac{\text{น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด (กรัม)}}$$

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้งาน } (H_u) = \frac{[M\ C_p(T_2 - T_1)] + [(M - M_1)L] \times 100}{(M_f H_1 + M_k H_2)}$$

เมื่อ H_u = ประสิทธิภาพการใช้งาน (%)

M = น้ำหนักน้ำเริ่มต้น (กรัม)

M_1 = น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่ (กรัม)

M_f = น้ำหนักเชื้อเพลิง (ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด) (กรัม)

M_k = น้ำหนักเชื้อไฟ (เศษไม้ กิ่งไม้แห้ง) (กรัม)

C_p = ความร้อนจำเพาะของน้ำ เท่ากับ 1 แคลอรี/กรัม

T_1 = อุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ (^oC)

T_2 = อุณหภูมิของน้ำเดือด (^oC)

L = ความร้อนแฝงของน้ำ เท่ากับ 540 แคลอรี/กรัม

H_1 = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด)

H_2 = ค่าความร้อนของเชื้อไฟซึ่งมีค่า 4,280 แคลอรี/กรัม

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน ในการนำเสนอผลการศึกษา

3.5.2 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น

โดยใช้ค่าวัสดุและค่าดำเนินการผลิตมาวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น เพื่อเปรียบเทียบราคาของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดกับราคาของถ่านอัดแท่งไม้กับถ่านไม้ที่ขายตามท้องตลาด

บทที่ 4
ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด โดยใช้กาวแป้งเปียกเป็นตัวประสาน ที่อัตราส่วนระหว่างเปลือกสับปะรด:กาวแป้งเปียก 5 อัตราส่วน คือ 1:0.5, 1:0.75, 1:1, 1:1.5 และ 1:2 จากนั้นนำถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดที่ได้มาทดสอบการบีบและการตกกระแทก การทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด และหาค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่ง จากนั้นเลือกอัตราส่วนที่ดีที่สุดไปเปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งไม้และถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)

4.1 การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

4.1.1 การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

นำเปลือกสับปะรดที่เหลือทิ้งจากร้านขายผลไม้ บริเวณตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา มาล้างทำความสะอาดและตากแดดจนแห้ง แล้วนำมาเผาด้วยถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร ได้ผลดัง**ตารางที่ 4.1**

ตารางที่ 4.1 น้ำหนักเปลือกสับปะรดที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	เปลือกสับปะรดสด	เปลือกสับปะรดแห้ง	ถ่านเปลือกสับปะรด (เผา)	ถ่านที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 ไมครอน
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	120	85	10	8
ความชื้น (%)	85.03	-	-	2
ผลผลิต (%)	-	-	8.34	6.67

จาก**ตารางที่ 4.1** พบว่า เปลือกสับปะรดสด 120 กิโลกรัม (ความชื้นเท่ากับ 85.03%) เมื่อนำไปตากแดดจนแห้งจะมีน้ำหนัก 85 กิโลกรัม จากนั้นนำมาเผาเป็นถ่านด้วยถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร เป็นเวลา 15 นาที ได้ถ่านเปลือกสับปะรด 10 กิโลกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านเฉลี่ย 8.34% นำถ่านเปลือกสับปะรดมาบดและร่อนด้วยตะแกรงขนาด 1 ไมครอน เหลือถ่านจากเปลือกสับปะรดอยู่ 8 กิโลกรัม และมีความชื้น 2% จากการทดลองพบว่าถ่านจากเปลือกสับปะรด

มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตค่อนข้างต่ำ (6.67%) เนื่องจากเปลือกสับปะรดซึ่งเป็นวัตถุดิบมีความชื้นค่อนข้างสูง (85.03%) ซึ่งหากใช้วัตถุดิบที่มีความชื้นต่ำกว่านี้หรือนำวัตถุดิบอื่นมาผสมน่าจะได้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่สูงขึ้น

4.1.2 ผลการวิเคราะห์วัตถุดิบในถ่านอัดแท่ง

จากการวิเคราะห์ค่าความร้อนของวัตถุดิบที่นำมาทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด (ผงถ่านเปลือกสับปะรดและแป้งมันสำปะหลัง) โดยทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3286 ได้ผลการวิเคราะห์แสดงดัง**ตารางที่ 4.2**

ตารางที่ 4.2 ค่าความร้อนของวัตถุดิบสำหรับการทำถ่านอัดแท่ง

วัตถุดิบ	ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)
ถ่านจากเปลือกสับปะรด	5,645.80
แป้งมันสำปะหลัง	3,563.91

จาก**ตารางที่ 4.2** จะเห็นได้ว่า ถ่านจากเปลือกสับปะรดมีค่าความร้อนสูงกว่าแป้งมันสำปะหลังประมาณ 36.88% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธนาพล ตันติสัตยกุล (2558) ที่พบว่าเปลือกสับปะรดมีค่าความร้อนสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง และเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดสูตรที่ใช้แป้งมันสำปะหลังมากกว่าจะมีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงต่ำกว่า

4.1.3 การศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

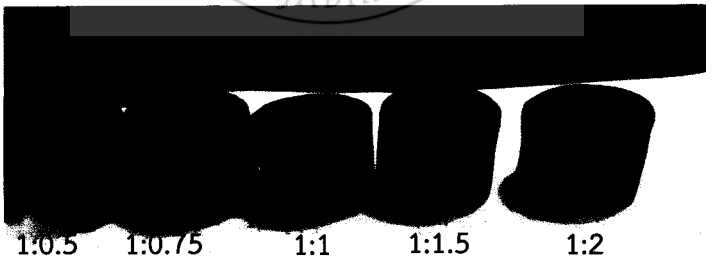
จากการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดโดยวิธีการอัดเย็น พบว่าอัตราส่วนผงถ่านเปลือกสับปะรด:กาวแป้งเปียกที่ใช้ทดลองทั้ง 5 สูตร (1:0.5, 1:0.75, 1:1, 1:1.5 และ 1:2) สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแท่งถ่านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร และความสูง 4.5 เซนติเมตรได้และไม่เกิดการแตกหัก **ดังรูปที่ 4.1 และตารางที่ 4.3 ถึงตารางที่ 4.4**

ตารางที่ 4.3 ลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

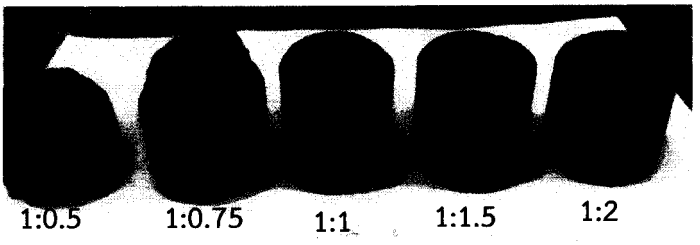
ถ่านเปลือกสับปะรด:กาวแป้งเปียก (กิโลกรัม/ลิตร)	จำนวนก้อนถ่านอัดแท่ง (ก้อน)	ขนาดความสูง (เซนติเมตร)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)	น้ำหนักก่อนตาก (กรัม)	น้ำหนักหลังตาก (กรัม)
1:0.5	41	4.5	2.5	49.08	27.66
1:0.75	39	4.5	2.5	45.59	28.40
1:1	47	4.5	2.5	57.76	25.22
1:1.5	48	4.5	2.5	46.88	25.57
1:2	53	4.5	2.5	54.11	23.61

จาก**ตารางที่ 4.3** พบว่า จำนวนถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดทั้ง 5 สูตร ที่ได้อยู่ระหว่าง 39 - 53 ก้อน และมีน้ำหนักก่อนตากเฉลี่ย 45.59 - 57.76 กรัม และเมื่อตากแดดให้แห้งเป็นเวลา 1 อาทิตย์ แล้วมีน้ำหนักถ่านอัดแท่งเฉลี่ย 23.61 - 28.40 กรัม

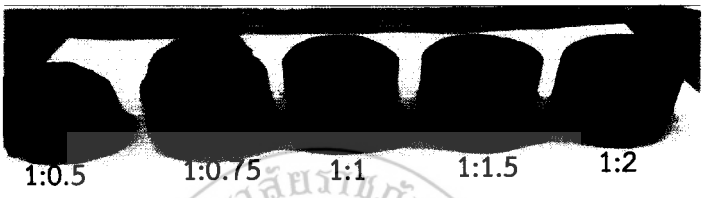
จากนั้นนำถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดทั้ง 5 สูตร (อัตราส่วนผงถ่านเปลือกสับปะรด:กาวแป้งเปียก สูตร 1:0.5, 1:0.75, 1:1, 1:1.5 และ 1:2) มาทดสอบการบีบและการตกกระแทกที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร และ 100 เซนติเมตร ได้ผลการทดสอบดัง**รูปที่ 4.1** ถึง **รูปที่ 4.4** และสรุปผลการทดลองดัง**ตารางที่ 4.4**



รูปที่ 4.1 ถ่านอัดแท่งจากเปลือสับปะรดที่อัตราส่วนผงถ่านของเปลือกสับปะรด:กาวแป้งเปียก



รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบการบีบของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด



รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบการตกกระแทกที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร

รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบการตกกระแทกที่ระดับความสูง 100 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการบีบและการตกกระแทกของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

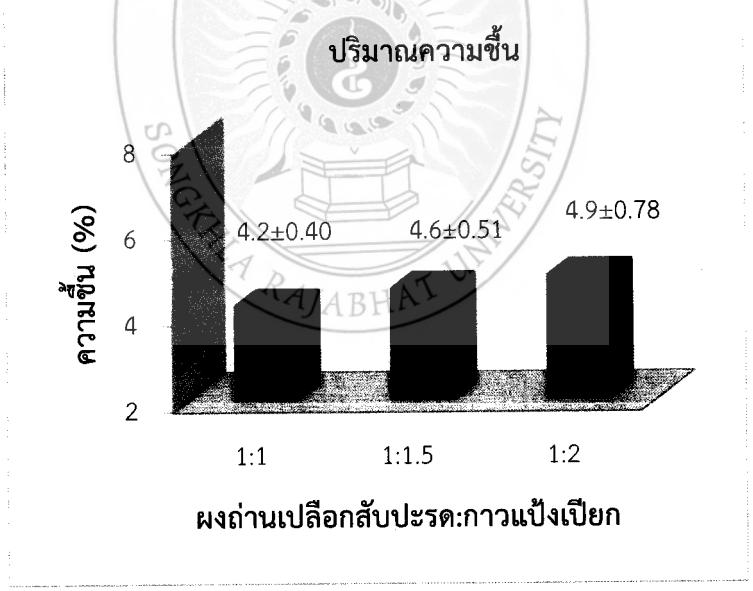
ผงถ่านเปลือกสับปะรด: กาวแป้งเปียก	การใช้มือบีบ	การตกกระแทกที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร	การตกกระแทกที่ระดับความสูง 100 เซนติเมตร
1:0.5	✗	✗	✗
1:0.75	✗	✗	✗
1:1	✓	✓	✓
1:1.5	✓	✓	✓
1:2	✓	✓	✓

หมายเหตุ: ✓ ผ่านการทดสอบ, ✗ ไม่ผ่านการทดสอบ

จาก**ตารางที่ 4.4** พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดสูตร 1:1, 1.1.5 และ 1:2 ผ่านการทดสอบการบีบและตกกระแทกที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร และ 100 เซนติเมตร เนื่องจากไม่เกิดการแตกหักและยังคงรูปเดิม ในขณะที่ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดสูตร 1:0.5 และ 1:0.75 เกิดการแตกหักจากการทดสอบ ดังนั้นจึงเลือกถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดอัตราส่วน 1:1, 1:1.5 และ 1:2 มาทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด เพื่อหาอัตราส่วนระหว่างผงถ่านเปลือกสับปะรด:กาวแป้งเปียกที่ดีที่สุดในการทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

4.1.4 คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

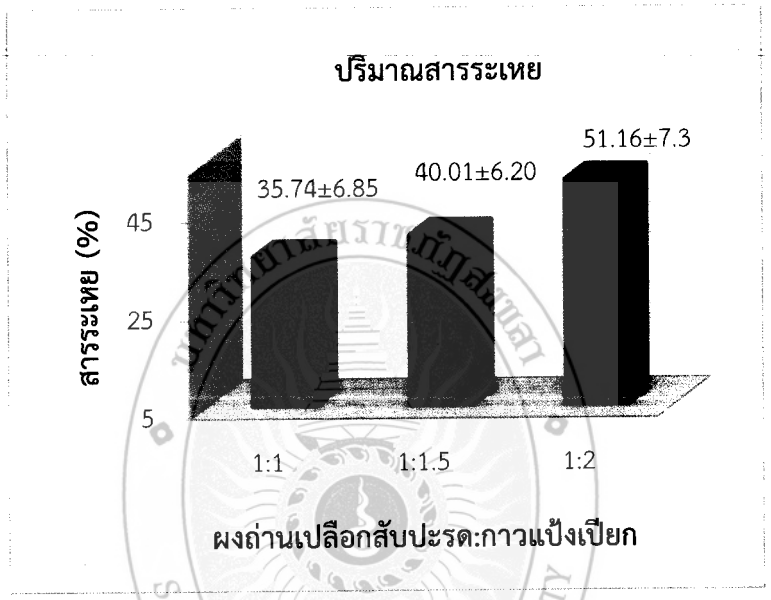
ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดทั้ง 3 สูตร ถูกนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง ได้แก่ ปริมาณความชื้น (Moisture Content) ปริมาณสารระเหย (Volatile Matters) ปริมาณเถ้า (Ash Content) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) และค่าความร้อน (Heating Value) ได้ผลการทดลองดัง**รูปที่ 4.5** ถึง**รูปที่ 4.9**



รูปที่ 4.5 ปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

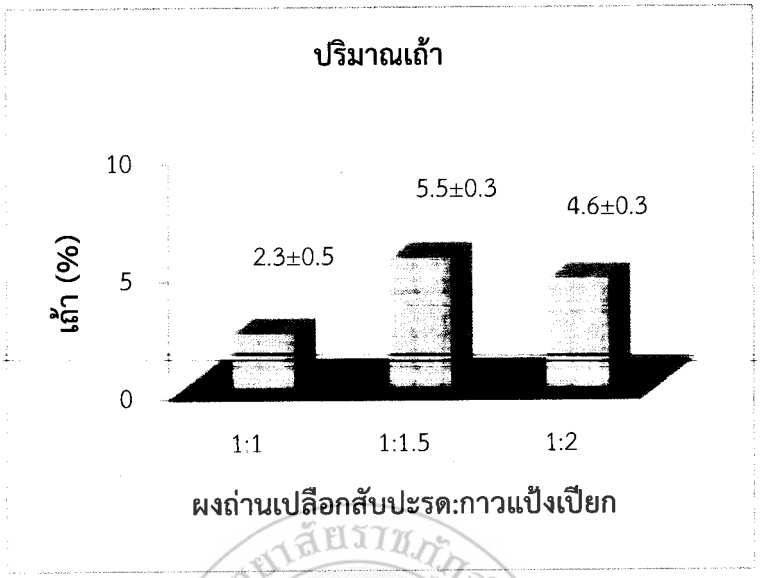
ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดทั้ง 3 สูตร มีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 4.2$\pm$0.40 - 4.9$\pm$0.78% โดยสูตร 1:1 ซึ่งใช้กาวแป้งเปียกน้อยที่สุดมีค่าความชื้นน้อยที่สุด คือ 4.2$\pm$0.40% ในขณะสูตรที่มีส่วนผสมของกาวแป้งเปียกมากที่สุด (สูตร 1:2) มีค่าความชื้นมากที่สุด คือ 4.9$\pm$0.78% ดังแสดงใน**รูปที่ 4.5** ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธนพล ตันติสัตยกุล (2558) ที่ได้ทำการทดลองการศึกษาความเหมาะสม

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด โดยใช้อัตราส่วนระหว่างเปลือกสับปะรด:น้ำแป้งมันสำปะหลัง 5 อัตราส่วน (10:5, 10:6, 10:7, 10:8 และ 10:9) ซึ่งพบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดจะมีค่าความชื้นมากขึ้นตามปริมาณน้ำแป้งมันสำปะหลังที่ใช้ หากถ่านมีความชื้นน้อยจะมีประสิทธิภาพการใช้งานสูงกว่า เนื่องจากไม่สูญเสียความร้อนไปกับการระเหยของน้ำในระหว่างการใช้งาน (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553)



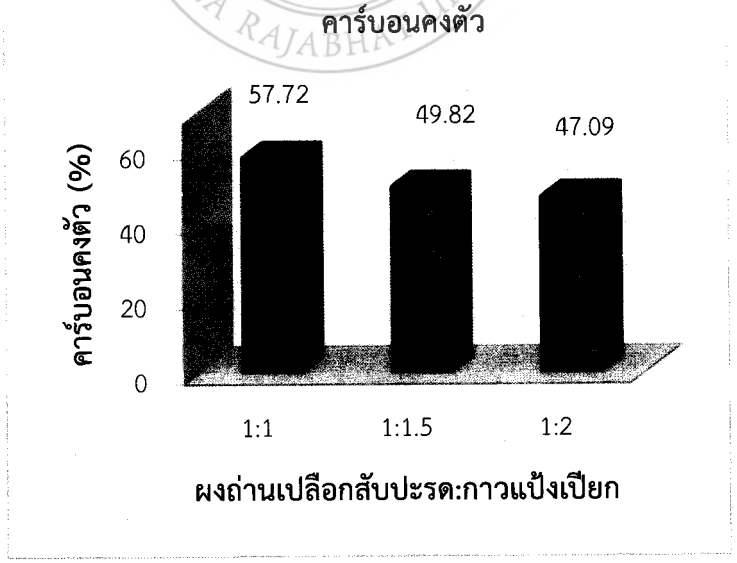
รูปที่ 4.6 ปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดทั้ง 3 สูตร 1:1, 1:1.5 และ 1:2 มีปริมาณสารระเหยอยู่ในช่วง 35.74±6.85 - 51.61±7.3% โดยสูตร 1:1 มีค่าปริมาณสารระเหยน้อยที่สุด คือ 35.74±6.85% ส่วนสูตร 1:2 มีปริมาณสารระเหยมากที่สุด คือ 51.61±7.3% ดังแสดงใน**รูปที่ 4.6** ซึ่งปริมาณสารระเหยสูงจะมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานและการลุกติดไฟของถ่าน ถ้าถ่านมีปริมาณสารระเหยมากถ่านจะลุกติดไฟได้เร็ว แต่จะติดไฟได้ไม่นานถ่านจะมอดเร็ว ทำให้สิ้นเปลืองถ่าน (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553)



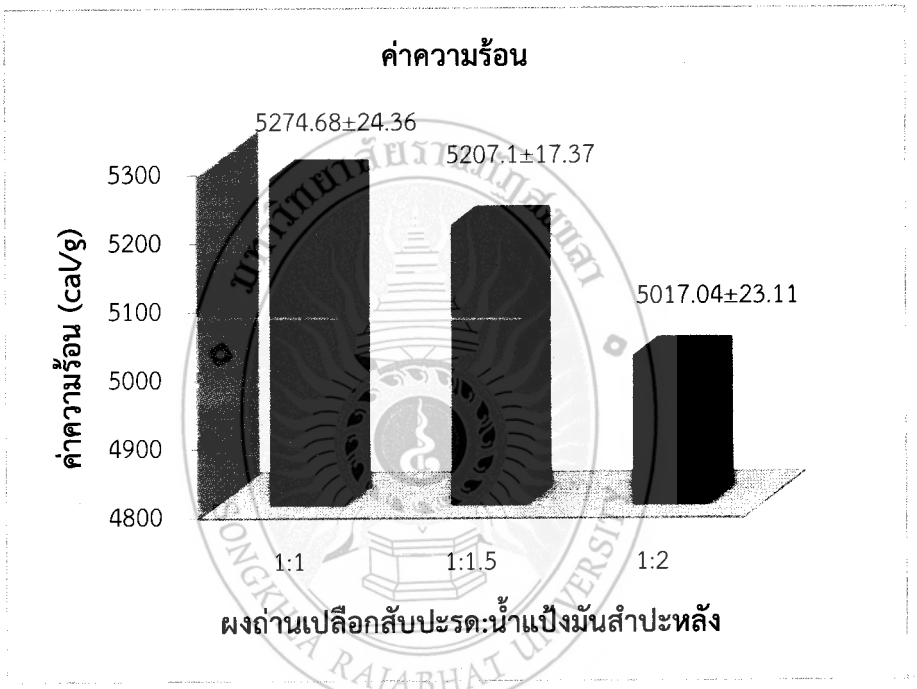
รูปที่ 4.7 ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดทั้ง 3 สูตร มีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 2.3±0.5 - 4.6±0.3% โดยสูตร1:1 มีปริมาณเถ้าน้อยที่สุด คือ 2.3±0.5% ดังแสดงใน**รูปที่ 4.7** ซึ่งถ่านที่มีปริมาณเถ้ามากจะมีค่าความร้อนต่ำทำให้ความสามารถในการเป็นเชื้อเพลิงต่ำ และต้องมีการกำจัดเถ้าที่เกิดขึ้นด้วย (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553)



รูปที่ 4.8 ปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

ปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณ โดยคำนวณจากปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย และปริมาณเถ้า ในการทดลองนี้ พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดทั้ง 3 สูตร มีค่าคาร์บอนคงตัวอยู่ในช่วง 47.09 - 57.72% โดยสูตร 1:1 มีคาร์บอนคงตัวมากที่สุด (57.72%) ในขณะที่สูตร 1:2 มีคาร์บอนคงตัวต่ำสุด (47.09%) ดังแสดงใน**รูปที่ 4.8** ซึ่งถ่านที่ดีควรมีค่าคาร์บอนคงตัวสูง เนื่องจากจะติดไฟได้นานกว่าถ่านที่มีคาร์บอนคงตัวต่ำ จึงสิ้นเปลืองถ่านน้อยกว่า (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553)



รูปที่ 4.9 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากปลือกสับปะรด

โดยทั่วไปถ่านอัดแท่งที่ดีควรมีค่าความร้อนสูง (ธนาพล ตันติสัตยกุล, 2558) ในงานวิจัยนี้ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดทั้ง 3 สูตร มีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 5,017.04±23.11 - 5,274.68±24.36 แคลอรี/กรัม โดยสูตรที่มีค่าความร้อนสูงที่สุด คือ สูตร 1:1 (5,274.68±24.36 แคลอรี/กรัม) ส่วน สูตร 1:2 จะมีค่าความร้อนต่ำที่สุด (5,017.04±23.11 แคลอรี/กรัม) ดังแสดงใน **รูปที่ 4.9** ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากกาวแป้งเปียกมีค่าความร้อนน้อยกว่าถ่านเปลือกสับปะรด **(ตารางที่ 4.2)** ทำให้ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งมีค่าลดลงตามปริมาณกาวแป้งเปียกที่ใช้มากขึ้น ดังนั้นถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:1 จึงมีค่าความร้อนมากที่สุดรองลงมา คือ สูตร 1:1.5 และ 1:2 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธนาพล ตันติสัตยกุล (2558) ที่ได้ทดลองนำเปลือกสับปะรดสดมาผสมกับน้ำแป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วนต่างๆ เพื่อทำเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง ซึ่งพบว่า

เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งสูตรที่ใช้แป้งมันสำปะหลังมากกว่าจะมีค่าความร้อนต่ำกว่าสูตรที่ใช้แป้งมันสำปะหลังน้อยกว่า

จากการทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดทั้ง 3 สูตร (อัตราส่วนเปลือกสับปะรด:กาวแป้งเปียก 1:1, 1:1.5 และ 1:2) สามารถสรุปได้ว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดสูตร 1:1 มีคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งดีที่สุด เนื่องจากมีค่าความชื้น ปริมาณสารระเหย และปริมาณเถ้าน้อยที่สุด ในขณะที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวและค่าความร้อนสูงที่สุด ในงานวิจัยนี้ยังได้นำถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดทั้ง 3 สูตร ไปทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานต่อ

4.1.5 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งทำได้โดยการต้มน้ำ 1,500 กรัม ในหม้ออะลูมิเนียม เบอร์ 20 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดทั้ง 3 สูตร (1:1, 1:1.5 และ1:2) แสดงดัง**รูปที่ 4.10** และ**ตารางที่ 4.5**

ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:1 | **ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:1.5** | **ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:2**

รูปที่ 4.10 ประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

การทดสอบ	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:1	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:1.5	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:2
การแตกประทุ	ไม่เกิด	ไม่เกิด	ไม่เกิด
การติดไฟ	ดี	ดี	ดี
ควัน	ไม่มีควัน	ไม่มีควัน	ไม่มีควัน
เขม่า	ไม่มีเขม่า	ไม่มีเขม่า	ไม่มีเขม่า

จาก**รูปที่** 4.10 และ**ตารางที่** 4.5 พบว่า เมื่อนำถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดทั้ง 3 สูตร มาใช้ในการต้มน้ำ ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดสามารถลุกติดไฟได้ดี ไม่มีการแตกประทุ ไม่มีควัน และไม่มีเขม่าขณะใช้งาน แสดงว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดทั้ง 3 สูตร มีคุณสมบัติที่ดีตามคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง (ณัฐวุฒิ อุตมหาราช, 2549) จากการทดลองต้มน้ำสามารถหาค่าประสิทธิภาพการใช้งานได้ผลดัง**ตารางที่** 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

ค่าที่ใช้ในการคำนวณ	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:1	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:1.5	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:2
น้ำหนักน้ำเริ่มต้น (กรัม)	1,500	1,500	1,500
น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป (กรัม)	814.90	794.63	814.23
น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่ (กรัม)	685.10	709.88	658.77
น้ำหนักเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ (กรัม)	500	500	500
ระยะเวลาที่ใช้จนน้ำเดือด (นาที)	14.5	16	13
ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที)	44.1	43.85	42.5
อุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ (^{o}C)	33.5	33	33
อุณหภูมิของน้ำเดือด (^{o}C)	95.25	95	93.5
ค่าความร้อนจากการสันดาป (แคลอรี/กรัม)	4,280	4,280	4,280
งานที่ทำได้	1.63	1.59	1.68
อัตราการเผาไหม้ (กรัม/นาที)	11.35	11.4	11.76
ค่าประสิทธิภาพการใช้งาน (%)	19.99	19.42	21.01

จาก**ตารางที่ 4.6** พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดทั้ง 3 สูตร ใช้เวลาในการทำให้น้ำ 1,500 กรัมเดือดทั้งหมด 13 - 16 นาที งานที่ทำได้อยู่ในช่วง 1.59 - 1.68 อัตราการเผาไหม้อยู่ในช่วง 11.35 - 11.76 กรัม/นาที และค่าประสิทธิภาพการใช้งานอยู่ในช่วง 19.74 - 21.01% จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดทั้ง 3 สูตร พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดทั้ง 3 สูตร มีประสิทธิภาพการใช้งาน งานที่ทำได้ และอัตราการเผาไหม้ใกล้เคียงกัน ซึ่งถ่านที่ดีควรมีค่าประสิทธิภาพการใช้งานและงานที่ทำได้สูงแต่มีอัตราการเผาไหม้ต่ำ เพราะถ่านอัดแท่งที่มีอัตราการเผาไหม้สูงจะเผาไหม้หมดไปได้เร็วกว่า ทำให้สิ้นเปลืองถ่านมากกว่า (สิริลักษณ์และคณะ, 2538)

4.1.6 การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดและค่ามาตรฐาน

เมื่อทดสอบคุณสมบัติ (**ตารางที่ 4.5**) และประสิทธิภาพการใช้งาน (**ตารางที่ 4.6**) ของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด แล้วจึงนำผลการทดสอบที่ได้มาเปรียบเทียบค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) และค่ามาตรฐานของถ่านอัดแท่งที่ทั่วโลกยอมรับ (บริษัท รวย ธนวัฒน์ จำกัด, 2547) เพื่อเลือกอัตราส่วนระหว่างผงถ่านเปลือกสับปะรด:กาวแป้งเปียกที่ดีที่สุด ซึ่งรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติการใช้งานและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

วัสดุ	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดสูตร 1:1	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดสูตร 1:1.5	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดสูตร 1:2	มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547)	ค่ามาตรฐานของถ่านอัดแท่งที่ทั่วโลกยอมรับ
ปริมาณความชื้น (%)	4.2	4.6	4.9	ไม่เกิน 8%	ไม่เกิน 3%
ปริมาณสารระเหย (%)	35.74	40.01	43.38	-	ไม่เกิน 25%
ปริมาณเถ้า (%)	2.3	4.5	4.6	-	ไม่เกิน 3%
คาร์บอนคงตัว (%)	57.72	49.82	47.09	-	ไม่ต่ำกว่า 70%
ค่าความร้อน (แคลอรี่/กรัม)	5,274.68	5,207.1	5,017.04	ไม่น้อยกว่า 5,000	-

ตารางที่ 4.7 สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติการใช้งานและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด (ต่อ)

วัสดุ	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดสูตร 1:1	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดสูตร 1:1.5	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดสูตร 1:2	มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547)	ค่ามาตรฐานของถ่านอัดแท่งที่ทั่วโลกยอมรับ
ระยะเวลาที่ใช้จนน้ำเดือด (นาที)	14.5	16	13	-	-
งานที่ทำได้	1.63	1.39	1.68	-	-
อัตราการเผาไหม้ (กรัม/นาที)	11.35	11.4	11.76	-	-
ประสิทธิภาพการใช้งาน (%)	19.99	19.42	21.01	-	-
อ้างอิง	-	-	-	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547:ก	บริษัท รวยธนาวัฒน์ จำกัด, 2547

จากการพิจารณาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด **(ตารางที่ 4.7)** พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดทั้ง 3 สูตร ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) ซึ่งกำหนดให้มีค่าความชื้นไม่เกิน 8% และค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรี/กรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547:ก) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ทั่วโลกยอมรับ พบว่าทั้ง 3 สูตร มีปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัว ไม่ผ่านเกณฑ์ ส่วนปริมาณเถ้ามีเพียง สูตร 1:1 (2.3%) ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ทั่วโลกยอมรับที่กำหนดให้ไม่เกิน 3% เมื่อพิจารณาผลการศึกษาประสิทธิภาพการใช้งาน **(ตารางที่ 4.7)** พบว่า ทั้ง 3 สูตร มีค่าประสิทธิภาพการใช้งานใกล้เคียงกัน ไม่มีการแตกปะทุ ติดไฟดี ไม่มีควัน และไม่มีเขม่าเกิดขึ้นในขณะใช้งาน ดังนั้น จึงอาจสรุปได้ว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดสูตร 1:1 มีคุณสมบัติที่ดีที่สุด เนื่องจากมีค่าปริมาณความชื้น (4.2%) ปริมาณสารระเหย (35.74%) ปริมาณเถ้า (2.3%) น้อยที่สุด และมีค่าคาร์บอนคงตัว (57.72%) และค่าความร้อน (5,274.68 แคลอรี/กรัม) สูงที่สุด จากนั้นจึงนำถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดสูตรที่ดีที่สุด (1:1) ไปเปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งไม้และถ่านไม้ที่ซื้อจากตลาด รวมทั้งเชื้อเพลิงจากงานวิจัยอื่นๆ

4.1.7 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด และถ่านอัดแท่งไม้ ถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) และจากงานวิจัยอื่น

เมื่อได้อัตราส่วนระหว่างผงถ่านเปลือกสับปะรด:กาวแป้งเปียกที่เหมาะสม (สูตร 1:1) แล้วจึงนำไปเปรียบเทียบคุณสมบัติเชื้อเพลิงกับถ่านอัดแท่งไม้ และถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) รวมทั้งเชื้อเพลิงอัดแท่งจากงานวิจัยอื่น ผลการเปรียบเทียบแสดงดังตาราง**ที่ 4.8**

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด ถ่านอัดแท่งไม้ ถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) และเชื้อเพลิงอัดแท่งจากงานวิจัยอื่น

วัสดุ	ปริมาณความชื้น (%)	ปริมาณสารระเหย (%)	ปริมาณเถ้า (%)	คาร์บอนคงตัว (%)	ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	อ้างอิง
ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:1	4.2	35.74	2.3	57.72	5,274.68	-
ถ่านอัดแท่งไม้ (ซื้อจากตลาด)	7.3	51.16	3.6	37.97	5,001.80	-
ถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)	5.4	55.26	1.6	37.7	6,280.46	-
เชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากเปลือกสับปะรด	17.8	62.9	3.3	15.9	3,320	ธนาพล ตันติสัตยกุล, 2558:ข
ถ่านจากเปลือกมังคุด	5.65	86.55	5.03	2.77	4,348	อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย, 2552
ถ่านจากเปลือกทุเรียน	6.68	88.37	4.57	0.37	3,901	อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย, 2552
ถ่านจากทางมะพร้าว	7.3	76.8	5.3	10.7	4,141	ธนาพล ตันติสัตยกุล, 2558:ก
ถ่านจากกะลามะพร้าว	-	15.2	2.40	82.4	7,760	อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ, 2551
เชื้อเพลิงจากกิ่งสบู่ดำ	-	-	-	-	3,671	เกรียงไกร วงศาโรจน์, 2554
ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหินพานต์	6.6	40.0	4.2	49.2	6,602	สังเวย เสวกวิหาร, 2553
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547)	ไม่เกิน 8	-	-	-	ไม่น้อยกว่า 5,000	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547:ก
ค่ามาตรฐานของถ่านอัดแท่งที่ทั่วโลกยอมรับ	ไม่เกิน 3	ไม่เกิน 24	ไม่เกิน 3	ไม่ต่ำกว่า 70	-	บริษัท รวย ธนวัฒน์ จำกัด, 2547

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด ถ่านอัดแท่งไม้ ถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) และเชื้อเพลิงอัดแท่งจากงานวิจัยอื่น (ต่อ)

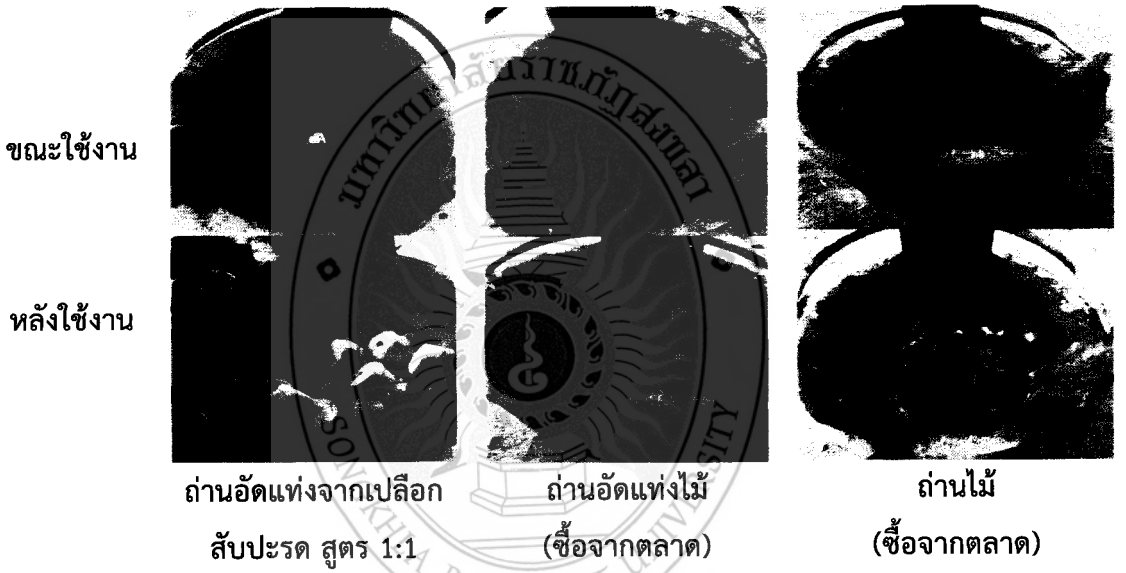
วัสดุ	ปริมาณความชื้น (%)	ปริมาณสารระเหย (%)	ปริมาณเถ้า (%)	คาร์บอนคงตัว (%)	ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	อ้างอิง
ค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้หุงต้ม (มผช.657/2547)	ไม่เกิน 10	ไม่เกิน 25	ไม่เกิน 8	-	ไม่น้อยกว่า 6,000	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสหกรรม, 2547:ข

จาก**ตารางที่ 4.8** พบว่า เชื้อเพลิงทั้งหมด ยกเว้นเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดสด (17.8%) มีค่าความชื้น (4.2% - 7.3%) ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้หุงต้ม (มผช.657/2547) ที่กำหนดให้ไม่เกิน 8% และไม่เกิน 10% ตามลำดับ แต่ไม่ผ่านค่ามาตรฐานของถ่านอัดแท่งที่ทั่วโลกยอมรับ (ไม่เกิน 3%) ส่วนปริมาณสารระเหยมีเพียงกะลามะพร้าวที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ถ่านไม้หุงต้ม มผช.657/2547 (ที่กำหนดให้ไม่เกิน 25%) และค่ามาตรฐานของถ่านอัดแท่งที่ทั่วโลกยอมรับ (ไม่เกิน 24%) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง มผช.238/2547 (ไม่เกิน 8%) พบว่า เชื้อเพลิงทุกชนิดผ่านเกณฑ์ แต่มีเพียงถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:1 ถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) และกะลามะพร้าวเท่านั้นที่มีปริมารเถ้าผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐานของ ถ่านอัดแท่งที่ทั่วโลกยอมรับ (ไม่เกิน 3%) สำหรับปริมาณคาร์บอนคงตัวมีเพียงถ่านกะลามะพร้าวที่ผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐานของถ่านอัดแท่งที่ทั่วโลกยอมรับ (ไม่ต่ำกว่า 70%) เมื่อพิจารณาค่าความร้อน พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:1 ถ่านอัดแท่งไม้ (ซื้อจากตลาด) ถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) ถ่านจากกะลามะพร้าว และถ่านจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหินพานต์ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง มผช.238/2547 (ไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรี/กรัม)แต่มีเพียงถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) ถ่านจากกะลามะพร้าวและถ่านจากเปลือกเม็ลดมะม่วงหินพานต์ที่ผ่านเกณฑ์ค่ามาตรผลิตภัณฑ์ถ่านไม้หุงต้ม มผช.657/2547 (ไม่น้อยกว่า 6,000 แคลอรี/กรัม) ซึ่งจากการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงใน**ตารางที่ 4.8** จะเห็นได้ว่าถ่านจากกะลามะพร้าวมีคุณภาพด้านเชื้อเพลิงดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตามถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:1 ที่ได้จากงานวิจัยนี้ยังคงมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่ดี เนื่องจากมีปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้าน้อย มีปริมาณคาร์บอนคง

ตัวและค่าความร้อนค่อนข้างสูง รวมทั้งเมื่อนำมาใช้งานสามารถติดไฟได้ดี ไม่มีการแตกปะทุ ไม่มีควันและเขม่าขณะใช้งาน จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือน

4.1.8 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดกับถ่านอัดแท่งไม้ (ซื้อจากตลาด) และถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)

การทดสอบค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดสูตร 1:1 และถ่านอัดแท่งไม้ (ซื้อจากตลาด) กับถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) โดยการต้มน้ำ ได้ผลการทดลองดัง**รูปที่ 4.11** และ**ตารางที่ 4.9**



รูปที่ 4.11 ประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด ถ่านอัดแท่งไม้ (ซื้อจากตลาด) และถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)

ตารางที่ 4.9 ประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด ถ่านอัดแท่งไม้ (ซื้อจากตลาด) และถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)

การทดสอบ	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:1	ถ่านอัดแท่งไม้ (ซื้อจากตลาด)	ถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)
การแตกประทุ	ไม่เกิด	ไม่เกิด	เกิด
การติดไฟ	ดี	ดี	ดี
ควัน	ไม่มีควัน	ไม่มีควัน	มีเล็กน้อย
เขม่า	ไม่มีเขม่า	ไม่มีเขม่า	ไม่มีเขม่า

จาก**ตารางที่ 4.9** พบว่า ถ่านอัดแท่ง (ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดและถ่านอัดแท่งไม้) ไม่มีการแตกปะทุ ติดไฟดี ไม่มีควัน และไม่มีเขม่าขณะใช้งาน ส่วนถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) แม้ติดไฟดีและไม่มีเขม่า แต่มีการแตกปะทุและควันเล็กน้อย ดังนั้น ถ่านอัดแท่ง (ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดและถ่านอัดแท่งไม้) จึงมีคุณสมบัติที่ดีกว่าถ่านไม้

การเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด ถ่านอัดแท่งไม้ (ซื้อจากตลาด) ถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) และถ่านอัดแท่งจากเปลือกมังคุด (สังเวย เสวกวิหาร, 2555) แสดงดัง**ตารางที่ 4.10**

ตารางที่ 4.10 ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่ง

ค่าที่ใช้ในการคำนวณ	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:1	ถ่านอัดแท่งไม้ (ซื้อจากตลาด)	ถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมังคุด
น้ำหนักน้ำเริ่มต้น (กรัม)	1,500	1,500	1,500	1,500
น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป (กรัม)	814.90	847.70	819.22	768.19
น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่ (กรัม)	685.10	652.30	680.78	731.82
น้ำหนักเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ (กรัม)	500	500	500	500
ระยะเวลาที่ใช้จนน้ำเดือด (นาที)	14.5	14	14.5	12
ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที)	44.1	49	50	45.5
อุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ (^{o}C)	35.5	33.75	33.75	31.1
อุณหภูมิของน้ำเดือด (^{o}C)	95.25	96	96	96
ค่าความร้อนจากการสันดาป (แคลอรี/กรัม)	4,280	4,280	4,280	4,280
งานที่ทำได้	1.63	1.70	1.63	1.54
อัตราการเผาไหม้ (กรัม/นาที)	11.35	10.19	10	11.80
ค่าประสิทธิภาพการใช้งาน (%)	19.99	21.31	16.61	16.18
อ้างอิง				สังเวย เสวกวิหาร, 2555

จาก**ตารางที่ 4.10** พบว่า ถ่านอัดแท่งไม้ (ซื้อจากตลาด) มีค่าประสิทธิภาพการใช้งานดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม ค่าที่ได้ของถ่านอัดแท่งไม้ (21.31%) กับถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด (19.99%) มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งมีค่าสูงกว่าถ่านไม้ (16.61%) และเชื้อเพลิงจากเปลือกมังคุด (16.18%) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เปลือกสับปะรดสามารถนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งเพื่อใช้งานในครัวเรือนได้ ซึ่งอัตราส่วนเปลือกสับปะรด:กาวแป้งเปียกที่ดีที่สุด คือ 1:1 ซึ่งถ่านอัดแท่งที่ได้มีประสิทธิภาพการใช้งานดีกว่าถ่านไม้ เนื่องจากไม่มีการแตกประทุ ไม่มีควัน ไม่มีเขม่า และมีค่าความร้อนค่อนข้างสูง ดังนั้น ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:1 สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในการทดแทนถ่านไม้และฟืนได้

4.2 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น

ในการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด 7 กิโลกรัม สามารถวิเคราะห์ได้จาก ราคาต้นทุนของอุปกรณ์และราคาวัตถุดิบใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด (**ตารางที่** 4.11 ถึง **ตารางที่** 4.14) โดยมีวิธีวิเคราะห์ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.11 ราคาต้นทุนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

อุปกรณ์	ราคา (บาท)	จำนวน	ราคารวม (บาท/ถ่าน 7 กิโลกรัม)
ถังน้ำมัน ขนาด 200 ลิตร	150	1	150
เตาอังโล่	170	1	170
ตะแกรงลวด	50	1	50
ที่บด (สำหรับบดถ่านเปลือกสับปะรด)	100	1	100
ถังน้ำผสมแป้งมัน	70	1	70
ที่คนแป้งมัน	20	1	20
กระบอกอัด	80	1	80
รวมราคาต้นทุน			640 บาท/ถ่าน 7 กิโลกรัม

ตารางที่ 4.12 วัตถุดิบในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

วัตถุดิบ	ราคา(บาท)	จำนวน (กิโลกรัม)	รวม (บาท/ถ่าน 7 กิโลกรัม)
เปลือกสับปะรด	-	126	-
ฟืน	30	2	60
แป้งมันสำปะหลัง	20	3	60
ค่าเดินทาง	70	-	70
รวมราคาค่าวัตถุดิบ			~~190 บาท/ถ่าน 7 กิโลกรัม~~

หมายเหตุ: ไม่มีต้นทุนค่าเปลือกสับปะรด เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์เปลือกสับปะรดสดจากร้านขายผลไม้ในตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

ซึ่งต้นทุนการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด (ต้นทุนรวม) ในงานวิจัยนี้สามารถคำนวณได้โดย

- ราคาต้นทุนรวม (คิดค่าอุปกรณ์และค่าวัตถุดิบในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด)

รวมอุปกรณ์ (บาท) + วัตถุดิบ (บาท) = 640 + 190 บาท/ถ่าน 7 กิโลกรัม

= 830 บาท/ถ่าน 7 กิโลกรัม

= 119 บาท/ถ่าน 1 กิโลกรัม

จากการคำนวณต้นทุนการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดเท่ากับ 119 บาท/ถ่าน 1 กิโลกรัม อย่างไรก็ตามค่าอุปกรณ์ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด **(ตารางที่ 4.11)** เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวเท่านั้น หากมีการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดต่อไปจะมีค่าใช้จ่ายเพียงค่าวัตถุดิบ ดังนั้น จึงคำนวณราคาต้นทุนการผลิตโดยคิดเฉพาะค่าวัตถุดิบ คือ

- ราคาต้นทุนคิดเฉพาะค่าวัตถุดิบ = 190 บาท/ถ่าน 7 กิโลกรัม

= 27 บาท/ถ่าน 1 กิโลกรัม

เนื่องจากทำวิจัยถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดได้รับความอนุเคราะห์เปลือกสับปะรดสดจากร้านขายผลไม้จึงไม่มีต้นทุนค่าเปลือกสับปะรดสด แต่หากต้องการผลิตถ่านอัดแท่งเป็นจำนวนมากจะต้องซื้อเปลือกสับปะรดในราคาเปลือกสับปะรดสดกระสอบละ 20 บาท หนึ่งกระสอบหนัก 18 กิโลกรัม ซึ่งหากคำนวณต้นทุนการผลิตโดยนำค่ามาคิดจะได้

- ราคาต้นทุนรวม (คิดค่าอุปกรณ์และค่าวัตถุดิบในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด)

ต้นทุนรวม + เปลือกสับปะรดสด

= 640 + 190 + 140 บาท/ถ่าน 7 กิโลกรัม

= 970 บาท/ถ่าน 7 กิโลกรัม

= ~~139 บาท/ถ่าน 1 กิโลกรัม~~

- ราคาต้นทุนคิดเฉพาะค่าวัตถุดิบ

= 190 + 140 บาท/ถ่าน 7 กิโลกรัม

= 330 บาท/ถ่าน 7 กิโลกรัม

= 47 บาท/ถ่าน 1 กิโลกรัม

จากการคำนวณต้นทุนการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สามารถสรุปได้ดัง**ตารางที่ 4.13**

ตารางที่ 4.13 ต้นทุนการผลิตถ่านอัดแท่ง

ราคาต้นทุน	ไม่มีค่าเปลือกสับปะรดสด	มีค่าเปลือกสับปะรดสด
ราคาต้นทุนรวม (อุปกรณ์+วัตถุดิบ)	119 บาท/ถ่าน 1 กิโลกรัม	139 บาท/ถ่าน 1 กิโลกรัม
เฉพาะค่าวัตถุดิบ	27 บาท/ถ่าน 1 กิโลกรัม	47 บาท/ถ่าน 1 กิโลกรัม

จากนั้นจึงนำต้นทุนการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดมาเปรียบเทียบกับราคาถ่านอัดแท่งไม้และถ่านไม้ที่ซื้อจากตลาดแสดงผลดัง**ตารางที่ 4.14**

ตารางที่ 4.14 ราคาถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดเทียบกับราคาถ่านตามท้องตลาด

ชนิดของเชื้อพลิง	ราคารวม (บาท/ถ่าน 1 กิโลกรัม)
ถ่านอัดแท่งไม้	40
ถ่านไม้	50
ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด	27

จากการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดในงานวิจัยนี้ พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดมีราคาต้นทุนเฉลี่ยอยู่ที่ 27 บาท/ถ่าน 1 กิโลกรัม ถ่านอัดแท่งไม้ตามท้องตลาดมีราคา 40 บาท/ถ่าน 1 กิโลกรัม และราคาของถ่านไม้ตามท้องตลาด คือ 50 บาท/ถ่าน 1 กิโลกรัม ซึ่งถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดมีราคาต้นทุนการผลิตถูกกว่าถ่านอัดแท่งไม้และถ่านไม้ 13 บาท (32.5%) และ 23 บาท (46%) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามหากต้องซื้อเปลือกสับปะรดสดจะทำให้มีราคาต้นทุนการผลิตสูงขึ้น แต่หากมีการผลิตเป็นจำนวนมากอาจทำให้ราคาต้นทุนลดต่ำลงได้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

~~การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเปลือกสับปะรดที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งมาผลิตเป็น~~ถ่านอัดแท่งโดยนำเปลือกสับปะรดมาเผาเป็นผงถ่านด้วยถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร จะได้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านเฉลี่ย 6.67% จากนั้นนำมาอัดด้วยวิธีการอัดเย็นโดยอัดด้วยมือ ใช้กาวแป้งเปียก (อัตราส่วนแป้งมันสำประหลัง 200 กรัม:น้ำ 1 ลิตร) เป็นตัวประสานตามอัตราส่วนที่ต้องการ คือ 1:0.5, 1:0.75, 1:1, 1:1.5 และ 1:2 จากการทดลองพบว่า ผงถ่านเปลือกสับปะรด:กาวแป้งเปียก สูตร 1:1, 1:1.5 และ 1:2 เมื่อทดสอบการบีบและตกกระแทกแล้วยังคงรูปเดิมไม่มีการแตกหัก จึงเลือก 3 สูตรนี้ มาทำการทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง 5 พารามิเตอร์ ได้แก่ ปริมาณความชื้น (ASTM D3173) ปริมาณสารระเหย (ASTM D3174) ปริมาณเถ้า (ASTM D3175) คาร์บอนคงตัว (ASTM D3172) และค่าความร้อน (ASTM D5865) และทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด ซึ่งพบว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดสูตร 1:1 มีคุณสมบัติที่ดีที่สุด เนื่องจากปริมาณความชื้นน้อยสุด คือ 4.2$\pm$0.40% และค่าความร้อนสูงที่สุด คือ 5,274.68$\pm$24.36 แคลอรี/กรัม มีปริมาณสารระเหย (35.74$\pm$6.85%) และปริมาณเถ้า (2.3$\pm$0.5%) น้อย และคาร์บอนคงตัวสูงสุด (57.72%) รวมทั้งติดไฟได้ดี ไม่เกิดการแตกประทุ ไม่มีควัน ไม่มีเขม่าขณะใช้งาน และพบว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) ดังนั้นเปลือกสับปะรดสามารถนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนได้

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:1 กับถ่านอัดแท่งไม้ และถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สูตร 1:1 มีคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพการใช้งานที่ดีที่สุด เนื่องจากไม่มีการแตกประทุ ติดไฟดี ไม่มีควัน และไม่มีเขม่าในขณะใช้งาน มีค่าความร้อนและคาร์บอนคงตัวสูง แต่มีปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย และปริมาณเถ้าต่ำ ทำให้ไม่สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตเบื้องต้นในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด (27 บาท/ถ่าน 1 กิโลกรัม) กับราคาถ่านอัดแท่งไม้ (40 บาท/ถ่าน 1 กิโลกรัม) และถ่านไม้ (50 บาท/ถ่าน 1 กิโลกรัม) พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดมีต้นทุนถูกกว่าถ่านอัดแท่งไม้และถ่านไม้

ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า เปลือกสับปะรดซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรสามารถนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง โดยใช้กาวแป้งเปียกเป็นตัวประสาน เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือนได้ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ลดการตัดไม้เพื่อนำมาทำถ่านและฟืน รวมทั้งช่วยลดปริมาณขยะมูลฝอยที่ต้องนำไปกำจัดได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ~~ควรนำวัสดุเหลือใช้ชนิดอื่นๆ ที่มีค่าความร้อนสูงกว่าหรือมีความชื้นต่ำกว่าเปลือก~~ สับปะรด เช่น กะลามะพร้าว เปลือกเมล็ดมะม่วงหินพานต์ ที่สามารถหาได้ในชุมชนมาเป็นวัตถุดิบมาผสมร่วมกับเปลือกสับปะรดเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านอัดแท่ง

2) ควรทำครีบตัวแม่พิมพ์ให้มีความลึกเพื่อช่วยในการประคองให้แท่งถ่านที่ได้มีรูปทรงตามที่ต้องการและสวยงาม

3) อาจนำถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดไปใช้ทดสอบการกำจัดกลิ่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บรรณานุกรม

กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2559. **สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย** มกราคม - ธันวาคม 2559 แหล่งที่มา: http://www.eppo.go.th/index.php/th/plan-policy/tieb/aedp, วันที่ 12 พฤษภาคม 2559.

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

กะชามาศ สายดำ. 2558. **ประโยชน์ของสับปะรด.** แหล่งที่มา: https://medthai.com, วันที่ 15 ตุลาคม 2559.

คมกริช ภูเมืองปาน, ทพกฤต ปัญญาวงศ์ และนิกร สลิอ่อน. 2554. **การศึกษาคุณสมบัติของถ่านจากกากกาแฟ.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต วิชาเอกวิศวกรรมอุตสาหกรรม. ราชมงคลล้านนา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

จรูญ พรหมชุม. 2553. **ประวัติสับปะรดในประเทศไทย.** แหล่งที่มา: https://sites.google.com/site/sabpard453/hna-raek, วันที่ 20 ตุลาคม 2557.

เจริญศักดิ์ โรจนฤธิ์พิเชษฐ. 2550. **มันสำปะหลังการปลูกอุตสาหกรรมแปรรูปและการใช้ประโยชน์.** ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 444 หน้า.

จินดารัฐ วีระวุฒิ. 2539. **"สับปะรดและสรีรวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด."** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. สถานการณ์การผลิตไม้ผล ปี 2554. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/main.php?filename=index.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2547. **"การใช้เศษเหลือและผลพลอยได้จากสับปะรดเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง."** รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2547. กองอาหารสัตว์กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ รหัส 007-04 -47 หน้า 567- 581.

ณัฐวุฒิ อุตมหาราช. 2549. **คุณสมบัติโดยทั่วไปของถ่านอัดแท่ง.** แหล่งที่มา: http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/property.php, วันที่ 24 พฤศจิกายน 2558.

เด่นนภา จงใจ. 2544. **คู่มือการทำแท่งเชื้อเพลิง.** แหล่งที่มา: http://www.clinctech.most.go.th, วันที่ 22 ธันวาคม 2559.

ทองทิพย์ พลูเกษม 2542. **การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนเพื่อทดแทนฟืนและถ่านในการหุงต้มในครัวเรือน.** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร มหาวิทยาลัยมหิดล.

ธารินี มหายศนันท์. 2548. **การศึกษาการอัดแท่งถ่านเหง้ามันสำปะหลังโดยใช้เครื่องอัดถ่านแบบแม่แรงไฮโดรลิก.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ธัญญารัตน์ อินทร์เจริญ. 2549. **"การศึกษาวิจัยพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน".** การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงาน แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา.

ธนาพล ตันติสัตยกุล, สุริฉาย พงษ์เกษม, ปรีย์ปวีณ ภูหญ้า และภานุวัฒน์ ไถ้บ้านกวย. 2558:ก. **"พลังงานทดแทนชุมชนจากเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากทางมะพร้าว."** วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 23 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม – กันยายน 2558.

ธนาพล ตันติสัตยกุล,กะชามาศ สายดำ, สุจิตรา ภูส่งสี และศิวพร เงินเรือนโรจน์. 2558:ข. **"การศึกษาความเหมาะสมการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด."** วารสารวิทยาศาสร์และเทคโนโลยี ปีที่ 23 ฉบับที่ 5 (ฉบับพิเศษ) 2558.

ธีระพงษ์ คูหากาญน์. 2550. **ศักยภาพด้านพลังงานของถ่านตอรากยางพารา.** สัมมนาทางวนวัฒน์วิทยา ครั้งที่ 8 เทคโนโลยีวนวัฒน์เพื่อขจัดความยากจน. 6-8 มิ.ย. 2550. กรุงเทพฯ.

นริศ ชุดสว่าง. 2556 **การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนในกลุ่มวิสาหกิจชมชุนตำบลเกวียนหัก อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี.** ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

บริษัท รวย ธนวัฒน์ จำกัด. 2547. **ค่ามาตรฐานของถ่านอัดแท่งที่ทั่วโลกยอมรับ**. แหล่งที่มา: www.charcoalthais.com, วันที่ 15 มกราคม 2560.

มูลนิธิสืบนาคะเสถียร. 2559. **รายงานสถานการณ์ป่าไม้ไทย.** แหล่งที่มา: http://seub.or.th-index.phpoptioncom, วันที่ 10 ตุลาคม 2559.

มาลี วราหกิจ. 2521. **การใช้ประโยชน์ของเศษเหลือจากขบวนการแปรรูปสับปะรด.** ข่าวสารเกษตรศาสตร์ 23 (6):44.

รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล. 2553. **"การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง".** ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ลักษมี สุทธิวิไลรัตน์. 2545. **ศักยภาพทางด้านพลังงานของเปลือกไม้เสม็ด.** เอกสารทางวิชาการ กลุ่มพัฒนาพลังงานการป่าไม้กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ.

ศันสนีย์ เกษตรสินสมบัติ. 2554. **การผลิตสินค้าเกษตร: สับปะรด.** แหล่งที่มา: http://www.oac.go.th/ewt_news.php?nid=13577, วันที่ 18 กันยายน 2559.

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2539. **ถ่านหุงต้ม.** แหล่งที่มา: www.dld.goth/inform/krice.html, วันที่ 20 ตุลาคม 2559

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547:ก. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง.** แหล่งที่มา: http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps238_47.pdf, วันที่ 7 มีนาคม 2560.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547:ข. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม .** แหล่งที่มา: http:// www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps657_47.pdf, วันที่ 7 มีนาคม 2560.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์แลเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2554. **สายพันธุ์สับปะรด.** แหล่งที่มา: http://nutcnan.blogspot.com/2014/10/blog-post.html, วันที่ 8 ธันวาคม 2559.

สังเวย เสวกวิหาร, วันดี มาตสถิต และนิภาพร ปัญญา. 2553. **"พลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหินพานต์."** "การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 3" วันที่ 24-26 พฤศจิกายน 2553 ศูนย์ประชุมสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ กรุงเทพ.

สังเวย เสวกวิหาร. 2555. **"ศักยภาพด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมังคุด"** การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 3 วันที่ 23-26 ตุลาคม 2555 ศูนย์ประชุมสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ กรุงเทพ.

อนุชิต สวัสดิ์กิจ. 2554. **การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ของยางพารา.** แหล่งที่มา:http://www.scimath.org/project/show/1865, วันที่ 19 มกราคม 2560.

อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย. 2552. **การนำเปลือกทุเรียนมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง.** ปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย. 2552. **การนำเปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง.** ปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ. 2551. **การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าวด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชั่นโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน.** ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ.

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง

มผช. ๒๓๘/๒๕๔๗

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง

๑.ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ทำจากถ่านผงหรือถ่านเม็ดมาอัดเป็นแท่ง หรือทำจากวัสดุธรรมชาติมาอัดเป็นแท่งแล้วเผาจนเป็นถ่าน

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนมีดังต่อไปนี้

๒.๑ ถ่านอัดแท่ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ซังข้าวโพดมาเผาจนเป็นถ่าน อาจนำมาบดเป็นผงหรือเม็ดแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ หรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ ขี้เลื่อยมาอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ แล้วจึงนำมาเผาเป็นถ่าน

๒.๒ ค่าความร้อน หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก 1กรัม 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 ๕๐๐๐ แคลอรีต่อกรัม

๔. การบรรจุ

๔.๑ หากมีการบรรจุ ให้บรรจุถ่านอัดแท่งในภาชนะบรรจุที่สะอาดแห้ง และสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับถ่านอัดแท่งได้

๔.๒ น้ำหนักสิทธิของถ่านอัดแท่งในแต่ละภาชนะบรรจุ 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 หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๖. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๖.๑ รุ่นในที่นี้ หมายถึง ถ่านอัดแท่งที่ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

๖.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๖.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน 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 ถึง๓.๔ จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๖.๓ เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างถ่านอัดแท่งต้องเป็นไปตามข้อ ๖.๒.๑ และข้อ ๖.๒.๒ ทุกข้อ จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

๗. การทดสอบ

๗.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ตรวจพินิจ

๗.๒ การทดสอบการใช้งาน

ให้ทดสอบโดยการจุดตัวอย่างถ่านอัดแท่ง แล้วตรวจพินิจ

๗.๓ การทดสอบความชื้น

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D3173

๗.๔ การทดสอบค่าความร้อน

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D5865

๗.๕ การทดสอบน้ำหนักสุทธิ

ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชมถ่านไม้หุงต้ม

มผช. ๖๕๗/๒๕๔๗

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้หุงต้ม

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะถ่านที่ได้จากการเผาไม้ ใช้สำหรับหุงต้มอาหาร

๒.บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ ถ่านไม้หุงต้ม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำไม้ มาผ่านกระบวนการเผาจนกลายเป็นถ่าน เพื่อนำมาใช้ในการหุงต้มอาหาร

๒.๒ ความร้อน (calorific value) หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก ๑ กรัม มีหน่วยเป็นแคลอรี (แคลอรีต่อกรัม)

๒.๓ เถ้า (ash) หมายถึง ร้อยละของปริมาณสารที่เหลือจากการเผาถ่านจนมีน้ำหนักคงที่ที่อุณหภูมิ ๗๐๐ องศาเซลเซียสถึง ๗๕๐ องศาเซลเซียส

๒.๔ สารระเหย (volatile matter) หมายถึง ร้อยละของปริมาณสารระเหยที่ได้จากการเผาถ่านที่อุณหภูมิ ๙๕๐ องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา ๗ นาที

๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

๓.๑ ลักษณะทั่วไป

ต้องมีสีดำสม่ำเสมอ ไม่มีเศษดินและไม้ที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ปนอยู่

๓.๒ ความชื้น

ต้องไม่เกินร้อยละ ๑๐ โดยน้ำหนัก

๓.๓ ค่าความร้อน

ต้องไม่น้อยกว่า ๖๐๐๐ แคลอรีต่อกรัม

๓.๔ เถ้า

ต้องไม่เกินร้อยละ ๘ โดยน้ำหนัก

๓.๕ สารระเหย

ต้องไม่เกินร้อยละ ๒๔ โดยน้ำหนัก

๓.๖ การใช้งาน

เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น มีควันได้เล็กน้อย

๔. การบรรจุ

๔.๑ ให้บรรจุถ่านไม้หุงต้มในภาชนะบรรจุที่สะอาดแห้งสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับถ่านไม้หุงต้มได้

๔.๒ น้ำหนักสุทธิของถ่านไม้หุงต้มในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม้น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

๕. เครื่องหมายและฉลาก

๕.๑ ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุถ่านไม้หุงต้มทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่ายชัดเจน

(๑) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น ถ่านไม้หุงต้ม ถ่านไม้สำหรับหุงต้ม

(๒) น้ำหนักสุทธิ

(๓) เดือน ปีที่ทำ

(๔) ข้อแนะนำในการใช้และการเก็บรักษา

(๕) ชื่อผู้ทำ หรือสารที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๖. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๖.๑ รุ่น ในที่นี้หมายถึง ถ่านไม้หุงต้มที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขาย ในระยะเวลาเดียวกัน

๖.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๖.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๑ ข้อ ๔. และข้อ ๕. จึงจะถือว่าถ่านไม้หุงต้มรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๖.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความชื้น ค่าความร้อน เถ้า สารระเหย และการใช้งานให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๖.๒.๑ แล้ว

จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวมโดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๑ กิโลกรัม เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๒ ถึงข้อ ๓.๖ จึงจะถือว่าถ่านไม้หุงต้มรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๖.๓ เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างถ่านไม้หุงต้มต้องเป็นไปตามข้อ ๖.๒.๑ และข้อ ๖.๒.๒ ทุกข้อ จึงจะถือว่าถ่านไม้หุงต้มรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

การทดสอบ

๗.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ตรวจพินิจ

๗ .๒ การทดสอบความชื้น

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D3173

๗.๓ การทดสอบค่าความร้อน

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D5865

๗.๔ การทดสอบเถ้า

ให้ใช้วิธีการทดสอบตาม ASTM D3174

๗.๕ การทดสอบสารระเหย

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3175

๗.๖ การทดสอบการใช้งาน

ทำให้ตัวอย่างถ่านไม้หุงต้มติดไฟด้วยแก๊สหุงต้ม แล้วตรวจพินิจ

๗.๗ การทดสอบน้ำหนักสุทธิ

ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ค

แบบเสนอโครงร่างวิจัย

แบบเสนอโครงร่างวิจัย

โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิจัยทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม 4453503

1.ชื่อโครงการวิจัย การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

The Feasibility Study of Production of Charcoal Briquettes from Pineapple Peel

2.ปีการศึกษาที่ทำการวิจัย 2560

3.สาขาที่ทำการวิจัย วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม)

4.ประวัติของผู้วิจัย

4.1 นางสาวสุไวดา หลังยาหน่าย รหัสนักศึกษา 554232026

นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

4.2 นางสาวเสาวลักษณ์ ลิ่มศรีพุทธิ์ รหัสนักศึกษา 554232028

นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

5.อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. สิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

6. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

พลังงานเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน ประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในปี พ.ศ 2559 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งสิ้น 79,216 ktoe (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2559) โดยเป็นการใช้พลังงานจากพลังงานทดแทนดั้งเดิม (ฟืนไม้และแกลบ) รวมทั้งสิ้นประมาณ 13.83% ของปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด การใช้ถ่านประเภทฟืนไม้เป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ทรัพยากรป่าไม้ลดลง โดยในปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้เหลืออยู่เพียง 102.3 ล้านไร่ หรือ 32% ของพื้นที่ดินทั้งหมด (มูลนิธิสืบนาคะเสถียร, 2559) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องหาแหล่งพลังงานอย่างอื่นมาใช้ทดแทนเพื่อลดปัญหาดังกล่าว แหล่งพลังงานทดแทนที่หาได้ง่ายและมีศักยภาพสูงในประเทศไทย คือ พลังงานถ่านจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งนอกจากจะสามารถช่วยลดการใช้ฟืนไม้ได้ ยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและช่วยแก้ปัญหาการกำจัดของเสียและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย มีการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่างๆ มาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งอย่างมากมาย เช่น เปลือกทุเรียน (ทองทิพย์ พลูเกษม, 2542) กิ่งสบู่ดำ (เกรียงไกร วงศาโรจน์, 2554) เปลือกมังคุด (สังเวย เสวกวิหาร, 2555) ซึ่งจากการศึกษาพบว่า วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรส่วนมากนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งและนำมาใช้ทดแทนการใช้ถ่านไม้ได้

เปลือกสับปะรดเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดหนึ่งที่มีปริมาณมากในประเทศไทย ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกสับปะรดมากกว่า 6 แสนไร่ (สุมน โพธิ์จันทร์, 2554) และมีผลผลิตประมาณ 2 ล้านตันต่อปี ซึ่งจะเกิดเศษเหลือเป็นเปลือกสับปะรดประมาณ 30% ของผลสับปะรดหรือประมาณ 600,000 ตันต่อปี (กะชามาศ สายดำ, 2558) ซึ่งหากปล่อยทิ้งไว้จะเกิดเป็นขยะและเน่าเสียเกิดเป็นก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งส่งกลิ่นรบกวนและยังเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน การนำเปลือกสับปะรดที่เหลือทิ้งมาทำให้เกิดประโยชน์โดยนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะช่วยลดปัญหาขยะเหลือทิ้ง ลดปัญหาการขาดแคลนพลังงาน ลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากน้ำมัน และลดปัญหาการใช้ฟืนและถ่านไม้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำเปลือกสับปะรด ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง โดยใช้กาวแป้งเปียกเป็นตัวประสาน เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนทดแทนการใช้ฟืนและถ่านไม้จากป่าธรรมชาติ

6.วัตถุประสงค์การวิจัย

6.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

6.2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดกับถ่านอัดแท่งไม้ และถ่านไม้ที่ขายในท้องตลาด

7.สมมติฐาน

เปลือกสับปะรดสามารถนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งได้

8.ตัวแปร

ตัวแปรต้น: อัตราส่วนระหว่างผงถ่านเปลือกสับปะรดกับกาวแป้งเปียก

ตัวแปรตาม: คุณสมบัติของถ่านและประสิทธิภาพการเผาไหม้ของถ่าน

ตัวแปรควบคุม: ปริมาณความชื้น ขนาดของถ่านอัดแท่ง เวลาที่ใช้ในการเผาถ่าน

9.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

9.1 ลดปัญหาการขาดแคลนพลังงานเชื้อเพลิงหุงต้ม

9.2 ลดปัญหามลภาวะจากขยะเหลือทิ้งและลดการตัดไม้ทำลายป่า

9.3 เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ขยะเหลือทิ้ง โดยการนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน ช่วยลดการใช้ฟืนและถ่านไม้จากป่าธรรมชาติ

10.ขอบเขตการวิจัย

10.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ เปลือกสับปะรด

10.2 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา

10.2.1 พื้นที่เก็บตัวอย่าง เปลือกสับปะรดจากร้านขายผลไม้ ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

10.2.2 สถานที่เผาเปลือกสับปะรดและศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด บ้านเลขที่ 83/1 หมู่ที่ 1 ตำบลแป-ระ อำเภอท่าแพ จังหวัดสตูล

10.2.3 สถานที่ทำการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด (ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า คาร์บอนคงตัว) ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและห้องปฏิบัติการเคมี อาคารศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

10.2.4 หาค่าความร้อน โดยเครื่อง Bomb Calorimeter ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

11.นิยามศัพท์เฉพาะ

11.3 ถ่านอัดแท่ง (charcoal briquettes) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัสดุธรรมชาติ มาเผาจนเป็นถ่านและบดเป็นผงแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553)

11.4 เปลือกสับปะรด หมายถึง เปลือกของผลสับปะรด ภายนอกมีลักษณะคล้ายตาล้อมรอบผล (จินดารัฐ วีระวุฒิ, 2539)

11.5 ประสิทธิภาพการเผาไหม้ หมายถึง ประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้ม หาได้โดยการเอาน้ำหนักถ่านอัดแทงจากเปลือกสับปะรด 500 กรัม มาใช้ทดสอบการต้มน้ำ 1,500 กรัม (ธีระพงษ์ คูหากาญน์, 2550)

11.6 การอัดเย็น หมายถึง การนำวัสดุที่เผาเป็นถ่านแล้วมาบดให้ละเอียด แล้วนำมาผสมกับแป้งมันหรือวัสดุประสานอื่นๆ ในอัตราส่วนที่ต้องการมาอัดให้เป็นแท่ง (ลักษมี วาณิชย์, 2545)

11.7 คุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง เป็นลักษณะที่สำคัญของถ่านใช้เป็นหลักในการประกันคุณภาพของถ่านอัดแท่ง ได้แก่ คาร์บอนเสถียร (คาร์บอนคงตัว) ปริมาณเถ้า ความชื้น และค่าความร้อน โดยถือว่าถ่านที่ให้ความร้อนสูงแสดงว่าเป็นถ่านที่ดี (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553)

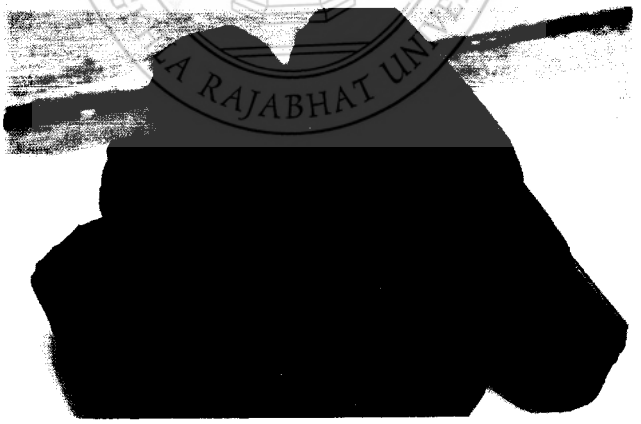
11.8 ค่าความร้อน หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก 1 กรัม มีหน่วยเป็น แคลอรี/กรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547:ก)

12 ตรวจสอบเอกสาร

12.1 ถ่านอัดแท่ง (Charcoal Briquettes)

ในอดีตคนเรารู้จักและคุ้นเคยกับถ่านไม้ ซึ่งได้จากการนำแท่งฟืนไม้มาเผาเป็นถ่านเท่านั้น แต่ด้วยพระอัจฉริยภาพอันยาวไกลของพระบาทสมเด็จพระปรมินทร์มหาภูมิพลอดุลยเดช (รัชกาลที่ 9) ที่ทรงเล็งเห็นปัญหาการขาดแคลนไม้ในอนาคต รวมทั้งการขาดแคลนพลังงานในด้านต่างๆ จึงทรงมีพระราชดำริให้วิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนในด้านต่างๆ รวมทั้งการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ เช่น ผักตบชวา จากนั้นได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการนำวัสดุเหลือใช้ชนิดต่างๆ มาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งมากมาย เช่น ซังข้าวโพด กะลามะพร้าว แกลบ ขี้เลื่อย ฟางข้าวโพด กะลาปาล์ม กากทานตะวัน ชานอ้อย เหง้ามันสำปะหลัง เปลือกทุเรียน เปลือกสับปะรด และเศษถ่านหุงต้มที่เหลือใช้จากที่ใช้แล้ว (กรมพัฒนาและการส่งเสริมพลังงาน, 2535)

การใช้ถ่านอัดแท่งมาเป็นเชื้อเพลิงหุงต้มแทนการใช้ถ่านไม้และฟืนโดยเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจะเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและลดปัญหาการตัดไม้ทำลายป่า ซึ่งถ่านอัดแท่งเหมาะสมสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือน เนื่องจากไม่มีควัน ไม่มีกลิ่น ไม่มีการแตกประทุ ติดไฟได้นาน และให้ความร้อนสูง นอกจากนี้ยังช่วยในการพัฒนาขีดความสามารถในการพึ่งตนเองในด้านการแปรรูปถ่าน (เด่นนภา จงใจ, 2544)



รูปที่ 2.1 ถ่านอัดแท่ง

ที่มา: อนุชา ซุยหาญ (2555)

12.1.1 คุณภาพของถ่านอัดแท่ง

คุณภาพของถ่านอัดแท่งจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ ชนิดของวัสดุที่ใช้และกระบวนการคาร์บอไนเซชั่น โดยถ่านอัดแท่งที่ได้จากกระบวนการคาร์บอไนเซชั่นที่เกิดอย่างช้าๆ จะมีเนื้อถ่านที่มีความแกร่งมากกว่าถ่านอัดแท่งที่เกิดจากกระบวนการคาร์บอไนเซชั่นที่เกิดอย่างรวดเร็วเนื่องจากมีปริมาณก๊าซจากวัสดุที่เกิดขึ้นน้อยกว่า ซึ่งระยะเวลาในกระบวนการคาร์บอไนเซชั่นจะมีผลต่อความแกร่งของเนื้อถ่านอัดแท่ง โดยทั่วไปแล้วจะมีการทำรูช่องอากาศขนาดเล็กเพื่อใช้ควบคุมกระบวนการคาร์บอไนเซชั่นและช่วยให้กระบวนการคาร์บอไนเซชั่นค่อยๆ ดำเนินไปอย่างช้าๆ เพื่อให้ได้เนื้อถ่านอัดแท่งที่มีความแกร่ง (คมกริช ภูเมืองปาน, 2554)

12.1.2 คุณสมบัติโดยทั่วไปของถ่านอัดแท่ง

ถ่านอัดแท่งมีคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงที่ดีกว่าถ่านไม้หลายประการ เช่น ใช้ได้นานกว่า ไม่มีการแตกประทุ และไม่มีควัน ซึ่งคุณสมบัติโดยทั่วไปของถ่านอัดแท่ง (ณัฐวุฒิ อุตมหาราช, 2549) คือ

1) ให้ความร้อนสูงเนื่องจากเป็นถ่านที่ได้รับการเผาไหม้ที่เต็มที่
2) ทนนาน สามารถใช้ได้นานกว่าถ่านไม้ธรรมดาถึง 2 – 3 เท่า
3) ประหยัด เพราะใช้ได้นาน ไม่แตกและไม่ดับเมื่อติดไฟแล้ว
4) ไม่แตกประทุขณะติดไฟอย่างถ่านไม้ทั่วไป ซึ่งถ่านอัดแท่งที่มีคุณภาพดี จะมีการแตกประทุเล็กน้อยในช่วงนาทีแรกที่ติดไฟเท่านั้น
5) ไม่มีควัน เนื่องจากความชื้นน้อยมาก
6) ไม่มีกลิ่น เพราะผลิตจากวัสดุธรรมชาติ 100% ไม่ผสมสารเคมีใดๆ
7) ไม่ดับกลางคันแม้ว่าจะใช้ในที่ที่อากาศถ่ายเทน้อยทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนถ่านบ่อยๆ
8) ให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอ ไม่วูบวาบ เนื่องจากความหนาแน่นของถ่านเท่ากันทุกส่วน
9) ถ่านที่มีความแข็งสูงจะช่วยลดการแตกหักหรือเป็นผง ทำให้สะดวกต่อการใช้การขนส่งและการเก็บรักษา

12.1.3 ข้อดีและข้อเสียของถ่านอัดแท่ง

ถ่านอัดแท่งที่ทำมาจากวัสดุธรรมชาติมีทั้งข้อดีและข้อเสียดังแสดงใน**ตารางที่ 2.1** (นริศ ชุดสว่าง, 2556)

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อเสียของถ่านอัดแท่งที่ทำจากวัสดุธรรมชาติ

ข้อดีของถ่านอัดแท่งที่ทำจากวัสดุธรรมชาติ	ข้อเสียของถ่านอัดแท่งที่ทำจากวัสดุธรรมชาติ
1) มีขนาดและรูปร่างแบบเดียวกัน สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้อย่างสะดวก 2) มีความร้อนที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือนได้ 3) ปราศจากมลภาวะ ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมมลภาวะที่มีราคาสูง 4) มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ 5) สะดวกต่อการเก็บรักษาและนำมาใช้งาน	1) การอัดแท่งใช้แรงอัดสูง เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้กระบอกอัดและสกรูสึกหรอได้ง่ายจากการขัดสี และความร้อน 2) คุณสมบัติการเผาไหม้ยังไม่เป็นที่ต้องการ เช่น เมื่อถูกน้ำหรืออากาศที่ชื้นสูง

12.2 คุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

คุณสมบัติที่สำคัญของถ่านอัดแท่งประกอบไปด้วย (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553)

12.2.1 ปริมาณความชื้น (Moisture Content) คือ ปริมาณของน้ำที่เหลืออยู่ในถ่านอัดแท่งหลังจากการตากแดด ซึ่งถ่านอัดแท่งที่มีความชื้นต่ำจะมีประสิทธิภาพการใช้งานสูง เนื่องจากสูญเสียความร้อนไปกับการระเหยของน้ำในระหว่างการใช้งานน้อย

12.2.2 ปริมาณสารระเหยได้ (Volatile Matters) คือ ส่วนของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งอบแห้งที่ระเหยได้ ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน ปริมาณสารระเหยจะมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของถ่าน ถ่านที่มีปริมาณสารระเหยมากจะติดไฟได้ไม่นาน มอดเร็ว ทำให้สิ้นเปลืองถ่านมากกว่า

12.2.3 ปริมาณเถ้า (Ash Content) คือ ส่วนหนึ่งของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการเผาไหม้ภายในเตาเผาที่อุณหภูมิ 750^{o}C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วยซิลิกา แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ หรือเป็นส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ หากมีปริมาณเถ้ามากจะทำให้ค่าความร้อนต่ำ รวมทั้งทำให้เกิดปัญหาในการกำจัดเถ้าที่เกิดขึ้น

12.2.4 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) คือ ปริมาณสารประกอบคาร์บอนคงตัวซึ่งระเหยได้ยาก โดยจะคงเหลืออยู่หลังจากที่เผาสารระเหยออกไปแล้วที่อุณหภูมิ 950°C ถ่านที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงจะติดไฟได้นานกว่าถ่านที่มีคาร์บอนคงตัวต่ำ ทำให้สิ้นเปลืองถ่านน้อยกว่า

12.2.5 ค่าความร้อน (Calorimetric Value หรือ Heating Value) คือ ค่าความร้อนของการเผาไหม้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิงอัดแท่ง ถ่านที่มีค่าความร้อนสูงถือว่าเป็นถ่านที่มีคุณภาพที่ดี แต่สำหรับการใช้ถ่านในการหุงต้มในครัวเรือนนั้น ถ่านที่มีคุณภาพดีที่สุดนั้นไม่จำเป็นต้องเป็นถ่านที่มีค่าความร้อนสูงสุด แต่ต้องมีสมบัติที่ดีของถ่านด้านอื่นๆ ด้วย เช่น ไม่มีควันและไม่มีการแตกปะทุขณะติดไฟ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

12.2.6 ระยะเวลาที่ใช้จนน้ำเดือด คือ ระยะเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้มน้ำ 1,500 กรัม ในหม้ออะลูมิเนียม เบอร์ 20 จนกระทั่งน้ำเดือด

12.2.7 งานที่ทำได้ คำนวณจากน้ำหนักของน้ำที่ระเหยไปหารด้วยน้ำหนักของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งที่ใช้สุทธิ โดยถ่านอัดแท่งที่มีค่างานที่ทำได้สูงจะมีประสิทธิภาพดีกว่าถ่านอัดแท่งที่มีค่างานที่ทำได้ต่ำ

12.2.8 อัตราการเผาไหม้ คำนวณจากน้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิหารด้วยระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด โดยถ่านอัดแท่งที่มีอัตราการเผาไหม้สูงจะมอดเร็ว

12.2.9 ประสิทธิภาพการใช้งาน คือ ความสามารถในการให้ความร้อน และระยะเวลาในการติดไฟของถ่าน โดยถ่านอัดแท่งที่มีค่าประสิทธิภาพการใช้งานสูงจะติดไฟได้เร็วและให้ความร้อนได้ดี (สุกัญญา จัตตุพรพงษ์, 2539)

12.3 กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้

การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ประกอบไปด้วยขั้นตอน การเตรียมวัตถุดิบ การเผาวัตถุดิบให้เป็นถ่าน การผสมผงถ่านกับตัวประสาน การอัดแท่ง โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

12.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ เปลือกสับปะรด ทำโดยเก็บตัวอย่างเปลือกสับปะรดซึ่งเป็นขยะเหลือทิ้งจากร้านขายผลไม้ ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา มาล้างทำความ

สะอาดแล้วนำเปลือกสับปะรดมาตากแดดให้แห้งสนิท เป็นเวลา 1 - 2 อาทิตย์ หรือจนได้เปลือกที่แห้งพร้อมสำหรับนำไปเผาในขั้นต่อไป

12.3.2 การเผาเปลือกสับปะรด

การเผาวัสดุเหลือทิ้งทางภาคการเกษตรให้เป็นถ่านทำได้หลายวิธี เช่น เตาดินเหนียว เตาอิฐก่อ เตาอิวาเตะ เตาถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร โดยแต่ละวิธีจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันดังแสดงใน**ตารางที่ 2.2** (จิระพงษ์ คูหากาญจน์, 2550)

ตารางที่ 2.2 วิธีการเผาถ่านแบ่งตามประเภทของเตาเผา

วิธีการเผาถ่าน	ข้อดี	ข้อเสีย
1) เตาดินเหนียว	เป็นเตาที่ใช้การลงทุนก่อสร้างต่ำมากหรือไม่มีค่าวัสดุอุปกรณ์เลยก็ได้ การก่อสร้างใช้ดินเหนียวก่อ ซึ่งดินเหนียวสามารถหาได้ตามพื้นที่อยู่แล้ว คุณภาพถ่านที่ได้ถือว่าคุณภาพดี	การสูญเสียความร้อนจะมากกว่าเตาแบบอื่น
2) เตาอิฐก่อ	เป็นเตาเผาถ่านที่สร้างขึ้นจากอิฐมอญ โดยมีดินเหนียวทรายทำหน้าที่เป็นตัวยึดอิฐเข้าด้วยกัน (ตัวประสาน) สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านได้ดี การก่อสร้างเตาอิฐก่อไม่ใช้ปูนซีเมนต์	เนื่องจากสัมประสิทธิ์การขยายตัวของอิฐกับปูนไม่เท่ากัน เมื่อเตาร้อนทำให้เตาเผาถ่านแตกหรือร้าวได้
3) เตาอิวาเตะ	เป็นเตาเผาถ่านที่ใช้อิฐทนไฟและปูนซีเมนต์ทนไฟเป็นวัตถุดิบในการสร้างเตา มีการควบคุมอุณหภูมิในเตาเผาถ่านได้เป็นอย่างดี ซึ่งรูปแบบเตาลักษณะนี้นำต้นแบบมาจากประเทศญี่ปุ่น ดังนั้นเตารูปทรงนี้เป็นรูปแบบที่พัฒนาจากเตาดินและเตาอิฐ ผลผลิตถ่านที่ได้มีจะคุณภาพดีและได้ปริมาณมาก	การลงทุนก่อสร้างจะสูงกว่าเตาดินและเตาอิฐก่อ เนื่องจากอิฐที่ใช้ก่อมีปริมาณมากและการก่อสร้างยุ่งยากมาก
4) เตาถังน้ำมัน 200 ลิตร	การใช้ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร ที่มีฝาปิด เป็นเตาที่หาได้ง่าย ใช้งานง่าย สะดวก ประหยัด รวดเร็ว ใช้งานแล้วจัดเก็บได้ง่าย มีราคาถูกเหมาะสมกับผู้มีต้นทุนต่ำ	หากถังน้ำมันมีราคาสูงจะทำให้ต้นทุนสูง

จาก**ตารางที่ 2.2** ในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร ที่มีฝาปิด เป็นเตาเผา เนื่องจากหาได้ง่าย เป็นวิธีที่ประหยัด ทำได้รวดเร็ว และจัดเก็บได้ง่ายเหมาะกับผู้มีต้นทุนต่ำ

12.3.3 การบดย่อย

ลักษณะผงถ่านที่นำมาใช้ในการอัดแท่งจะต้องละเอียดพอที่จะนำไปขึ้นรูปได้ดี โดยขนาดผงถ่านที่ใช้นั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของถ่านและวิธีการทำผงถ่านให้เป็นแท่ง วิธีการบดย่อยสามารถทำได้หลายวิธีไม่ว่าจะเป็นการใช้เครื่อง หรือวิธีที่ง่ายที่สุด คือ การบดด้วยมือ โดยอาจใช้ครกและสากเป็นอุปกรณ์ อย่างไรก็ตามวิธีนี้ต้องการแรงงานมากและใช้เวลานาน (ธารินี มหายศนันท์, 2548)

12.3.4 ตัวประสาน

ตัวประสาน คือ วัสดุที่ทำให้ผงถ่านยึดติดกัน ซึ่งมีด้วยกันหลายชนิด เช่น แป้งมัน รำข้าวละเอียด ดินเหนียว โมลาส มูลสัตว์ ยางไม้ และอื่นๆ ซึ่งในแต่ละท้องถิ่นก็จะมีการใช้วัสดุที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้น การที่จะเลือกใช้วัสดุใดเป็นตัวประสานนั้นก็ควรจะพิจารณาถึงคุณสมบัติต่อไปนี้

1) ราคา
2) มีแรงยึดเกาะที่ดี
3) ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นขณะเผาไหม้
4) สามารถหาได้ง่าย
5) สามารถละลายน้ำได้ดี

นอกจากนี้ การเลือกใช้วัสดุเป็นตัวประสานนั้นควรเลือกใช้วัสดุที่มาจากภาคเกษตรหรือผลิตผลทางการเกษตรที่เหลือจากการแปรรูปทางอุตสาหกรรม เพื่อเป็นการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าและลดต้นทุนของถ่านอัดแท่ง เช่น แป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาล หรือเหง้ามันสำปะหลัง หากตัวประสานที่ใช้มีค่าความร้อนต่ำ เช่น ดินเหนียว สามารถนำมาใช้ร่วมกับตัวประสานอื่นที่มีค่าความร้อนสูงกว่าได้ ซึ่งจะช่วยยืดระยะเวลาในการเผาไหม้ของถ่านได้ดีขึ้น (ธารินี มหายศนันท์, 2548)

ตัวประสานหนึ่งที่นิยมใช้ในการทำถ่านอัดแท่ง คือ แป้งมันสำปะหลัง ซึ่งทำจากมันสำปะหลัง มีลักษณะเป็นผงสีขาว โดยจะใช้ในรูปของกาวแป้งเปียก โดยนำแป้งมันสำปะหลังมาผสมกับน้ำแล้วให้ความร้อนพร้อมทั้งคนจนแป้งมันสำปะหลังมีสีใส จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็น แล้วจึงนำมาใช้งาน การใช้กาวแป้งเปียกเป็นตัวประสานในการทำถ่านอัดแท่งมีข้อดีหลายประการ คือ ไม่มีความเป็นพิษเนื่องจากทำมาจากแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งสามารถนำมาบริโภคได้ หาได้ง่าย ราคาถูก สามารถทำให้ส่วนผสมยึดติดกันได้ และให้ค่าความร้อนสูง (เจริญศักดิ์ โรจน์ฤทธิ์เชษฐ์, 2550)

12.3.5 การผสม

การผสมเป็นขั้นตอนการนำผงถ่านที่ผ่านการบดย่อยแล้วมาผสมกับตัวประสาน เพื่อให้ผงถ่านยึดติดกัน พร้อมสำหรับการอัดเป็นแท่ง ซึ่งอัตราส่วนระหว่างผงถ่านกับตัวประสานเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง (ธารินี มหายศนันท์, 2548)

12.3.6 การอัดแท่ง

การอัดแท่งเป็นการอัดส่วนผสมตามอัตราส่วนที่ต้องการให้เป็นแท่งเพื่อให้ได้รูปร่างและความหนาแน่นของเนื้อถ่านอัดแท่งตามที่ต้องการ ถ่านอัดแท่งที่มีความหนาแน่นเหมาะสมจะช่วยให้เกิดการลุกไหม้ให้ความร้อนได้นาน หากถ่านอัดแท่งมีความหนาแน่นน้อยเกินไปจะทำให้เกิดการลุกไหม้และมอดเร็ว ไม่สะดวกต่อการใช้งานเพราะต้องเติมถ่านบ่อยๆ ส่วนถ่านที่มีความหนาแน่นมากเกินไปจะทำให้การลุกไหม้เกิดไม่สะดวกและบางครั้งอาจทำให้ถ่านอัดแท่งดับอีกด้วย ซึ่งการอัดแท่งเพื่อทำถ่านอัดแท่งทำได้ 2 วิธีดังนี้ (ลักษมี วาณิชย์, 2545)

1) การอัดร้อน เป็นการอัดวัสดุโดยที่วัสดุไม่จำเป็นต้องเผาให้เป็นถ่านมาก่อน เมื่ออัดเป็นแท่งเสร็จแล้วค่อยนำเข้าเตาให้เป็นถ่านอีกครั้งหนึ่ง วัสดุที่สามารถผลิตโดยวิธีการอัดร้อนนี้มี 2 ชนิด คือ แกลบและขี้เลื่อย เพราะวัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้ เมื่อโดนอัดด้วยความร้อนจะมีสารในเนื้อของวัสดุยึดตัวมันเอง จึงทำให้สามารถยึดเกาะเป็นแท่งได้ โดยที่ไม่ต้องใช้ตัวประสาน โดยที่เครื่องอัดต้องเป็นเครื่องอัดชนิดอัดร้อน ซึ่งราคาค่อนข้างสูง

2) การอัดเย็น เป็นการอัดวัสดุที่เผาถ่านมาแล้วนำมาผสมกับแป้งมันสำปะหลังหรือวัสดุประสานอื่นๆ โดยเมื่อเผาวัสดุนั้นแล้วต้องบดให้ละเอียดก่อนแล้วจึงนำมาผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนที่ต้องการ

นอกจากนี้การอัดแท่งถ่านยังสามารถแบ่งเป็นวิธีการอัดแท่งด้วยมือและการอัดแท่งโดยใช้เครื่องจักร โดยแต่ละวิธีการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (ลักษมี วาณิชย์, 2545)

1) การอัดแท่งด้วยมือ การอัดแท่งด้วยวิธีนี้เหมาะสมเมื่อมีวัตถุดิบที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งน้อย เหมาะสมกับการผลิตใช้ในครัวเรือน โดยวิธีการผลิตจะนำวัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการย่อยและร่อนแล้วมาผสมกับตัวประสาน นำมาใส่ลงในกระบอก ซึ่งกระบอกอาจทำด้วยท่อประปาหรือท่อเหล็กที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ถึง 2.5 เซนติเมตร ส่วนความยาวของกระบอกจะขึ้นกับความต้องการของผู้ใช้งาน แล้วจึงตำหรือกระทุ้งด้วยแท่งเหล็กที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ถึง 2.5 เซนติเมตร เหล็กกระทุ้งควรมีความยาวมากกว่ากระบอกเล็กน้อย และปลายที่ใช้ถือควรทำเป็นตัว T เพื่อสะดวกในการจับ เมื่อตำหรือกระทุ้งแล้วจึงคว่ำปากกระบอกลงแล้วใช้แท่งเหล็กดันเอาถ่านออก ทางด้านล่างของกระบอก

2) การอัดแท่งด้วยเครื่องจักร เป็นวิธีที่สามารถผลิตถ่านอัดแท่งได้ในปริมาณมาก และถ่านอัดแท่งที่ได้จะมีคุณภาพเท่ากันทุกก้อน แต่จะมีต้นทุนในการผลิตถ่านอัดแท่งสูง และในกรณีที่ใช้เครื่องอัดแท่งจำเป็นจะต้องมีเครื่องจักรตัวอื่นเพิ่มขึ้นมาด้วยในขบวนการผลิต เช่น เครื่องบด เครื่องผสม เครื่องอบ

12.3.7 การตากแห้ง

เนื่องจากถ่านอัดแท่งที่ได้ยังมีปริมาณความชื้นสูงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้งาน จึงต้องนำไปตากแดดให้แห้งเพื่อลดความชื้นให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 8% โดยน้ำหนัก และทำให้ถ่านอัดแท่งแข็งตัวเกาะกัน เพื่อให้ได้ถ่านอัดแท่งที่มีคุณภาพที่ดี ไม่มีควัน และมีความแข็งแกร่ง การทำให้แห้งอาจทำโดยการอบหรือตากแดด กรณีตากแดดสามารถทำการตรวจสอบอย่างง่ายโดยการนำถุงพลาสติกมาห่อแท่งถ่านเอาไว้ปิดให้สนิทนำไปตากแดดทิ้งไว้ประมาณครึ่งชั่วโมง สังเกตไอน้ำที่ถุงพลาสติก ถ้ามีน้ำอยู่แสดงว่าถ่านอัดแท่งยังมีความชื้นสูงควรนำไปตากแดดต่อ (ธารินี มหายศนันท์, 2548)

13 ข้อมูลทั่วไปของสับปะรด

สับปะรดเป็นพืชเกษตรอุตสาหกรรมที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทย สามารถส่งออกและบริโภคในประเทศในรูปของผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น สับปะรดกระป๋อง น้ำสับปะรด ทำรายได้เข้าสู่ประเทศปีละหลายพันล้านบาท และยังมีแนวโน้มที่จะขยายตัวออกไปอีก ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ของโลก โดยผลิตได้ถึง 1.78 ล้านตันในปี พ.ศ 2558 และศูนย์สารสนเทศการเกษตรสำนักงานเศรษฐกิจได้ประมาณการว่าในปี พ.ศ 2559 จะมีผลผลิตรวม 1.89 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558)

สับปะรดเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน สามารถทนต่อสภาพอุณหภูมิต่ำได้ แหล่งปลูกสับปะรดที่สำคัญของโลก ได้แก่ ประเทศสหภาพอัฟริกาใต้ ไอวอรี่โคสต์ เคนย่า เม็กซิโก สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย ฟิลิปปินส์ ไต้หวัน มาเลเซีย อินโดนีเซีย และไทย พื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกมักจะเป็นบริเวณใกล้ทะเล ซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นไม่แปรปรวนมากนัก (จรูญ พรหมชุม, 2553)

13.1 ลักษณะทางพฤกษาศาสตร์ของสับปะรด

ชื่อสามัญ:	สับปะรด (Pineapple)
ชื่อวงศ์:	Bromeliaceae
ชื่อวิทยาศาสตร์:	*Ananas Comosus* Merr.
ลักษณะของดอก:	ช่อดอกแบบ Spike ดอกสมบูรณ์เพศกลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงิน
ลักษณะของผล:	เป็นทรงกระบอกโคนผลใหญ่ปลายเล็กเรียว น้ำหนักเฉลี่ย 2.3 - 3.6 กิโลกรัม ผลกว้างเฉลี่ย 11.9 เซนติเมตร ผลยาว เฉลี่ย 18.6 เซนติเมตร ตาตื้น
อายุการเก็บเกี่ยว:	178 วัน
สีเปลือก:	ผลแก่สีเขียวปนดำ ผลสุกสีเหลืองปนส้ม
สีเนื้อ:	สีเหลืองอ่อนถึงเหลืองทอง

รูปที่ 3.2 ผลสับปะรดและเปลือกสับปะรด

ที่มา: ศันสนีย์ เกษตรสินสมบัติ (2554)

13.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

สับปะรดต้องการอากาศค่อนข้างร้อน อุณหภูมิที่เหมาะสมในการปลูกสับปะรดอยู่ระหว่าง 23.9 - 29.4^{o}C ปริมาณน้ำฝนที่ต้องการอยู่ในช่วง 1,001 - 1,500 มิลลิเมตรต่อปี แต่ต้องตกกระจายสม่ำเสมอตลอดปี และมีความชื้นในอากาศสูง สับปะรดขึ้นในดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินปน

ลูกรัง ดินทรายชายทะเล และชอบที่ลาดเท เช่น ลาดเชิงเขา สภาพความเป็นกรดด่าง (pH) ของดินอยู่ในช่วง 4.5 - 5.5 แต่ไม่เกิน 6.0 (ศันสนีย์ เกษตรสินสมบัติ, 2554)

13.2.3 ฤดูกาลเก็บเกี่ยวสับปะรด

สับปะรดสามารถให้ผลผลิตได้ทั้งปี แต่อย่างไรก็ตาม ในช่วงเก็บเกี่ยวในฤดู (ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน - มกราคม และกลางเดือนเมษายน - กรกฎาคม) สับปะรดจะให้ผลผลิตมากในตลาดมีราคาถูก ในขณะที่ช่วงเก็บเกี่ยวนอกฤดู (ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ - ต้นเดือนเมษายน และเดือนสิงหาคม - ตุลาคม) สับปะรดจะให้ผลผลิตน้อย ราคาแพง (ศันสนีย์ เกษตรสินสมบัติ, 2554)

13.2.4 แหล่งที่ปลูกสับปะรดในไทย

สับปะรดสามารถปลูกได้ในแทบทุกพื้นที่ในประเทศไทย อย่างไรก็ตามแหล่งปลูกสับปะรดที่สำคัญของไทยอยู่ในพื้นที่ใกล้ทะเล ได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดจันทบุรี จังหวัดตราด และจังหวัดต่างๆ ในภาคใต้ เช่น จังหวัดภูเก็ต จังหวัดพังงา (ศันสนีย์ เกษตรสินสมบัติ, 2554)

13.2.5 สายพันธุ์สับปะรดในประเทศไทย

ประเทศไทยมีพันธุ์สับปะรดอยู่ 7 สายพันธุ์ (ณัจนันท์ แก้วศรี, 2557) คือ

13.2.5.1 **พันธุ์ปัตตาเวีย (Smooth Cayenne)** หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า **พันธุ์ศรีราชา** มีผลใหญ่ที่สุดในบรรดาสับปะรดด้วยกัน เนื้อมีรสหวานฉ่ำ ใบมีสีเขียวเข้ม กลางใบเป็นร่องมีสีแดงอมน้ำตาล ปลายใบมีหนามเล็กน้อย ปลูกมากในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดระยอง และจังหวัดลำปาง

13.2.5.2 **พันธุ์อินทรชิต หรืออินทรชิตแดง (Singapore Spanish)** เป็นพันธุ์เก่าแก่ที่สุดของประเทศไทยปลูกมานานนับตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยา ต้นมีขนาดใหญ่กว่าพันธุ์ปัตตาเวียเล็กน้อย แต่มีหนามแหลมคมรูปโค้งงอ สีน้ำตาลแดงที่ขอบใบ ใบมีสีเขียวอ่อน ผลย่อยนูนเด่นชัด ตาลึกเมื่อแก่จัด เนื้อเป็นสีทอง รสไม่หวานจัด ภายในผลมีเส้นใยมากและผลค่อนข้างเล็ก ปลูกมากที่อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา

13.2.5.3 **พันธุ์ขาว (Selangor Green)** เป็นพันธุ์ที่ปลูกมากในอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา มีทรงพุ่มเตี้ย มีใบสีเขียวอมเหลือง ใบสั้นและแคบกว่าอินทรชิต ขอบใบมีหนาม

แหลม ผลมีหลายจุก แต่เนื้อมีรสชาติและคุณภาพคล้ายคลึงกับพันธุ์อินทรชิตมาก จึงมีผู้สันนิษฐานว่าคงจะกลายพันธุ์มาจากพันธุ์อินทรชิต

13.2.5.4 **พันธุ์ภูเก็ตหรือสวี** (Malacca Queen) เป็นพันธุ์ที่มีใบแคบ และยาว ใบสีเขียวอ่อนและมีแถบสีแดงตอนกลางใบ ขอบใบเต็มไปด้วยหนามสีแดง ผลมีขนาดเล็ก ผลย่อยนูนตาลึก เนื้อมีสีเหลือง รสหวานกรอบ และมีกลิ่นหอม นิยมปลูกกันมากในภาคใต้บริเวณจังหวัดภูเก็ตและจังหวัดชุมพร

13.2.5.5 **พันธุ์นางแล หรือพันธุ์น้ำผึ้ง** ลักษณะของต้น ใบ ดอก และผลจะคล้ายคลึงกับพันธุ์ปัตตาเวียมาก จึงอาจเป็นพันธุ์ย่อยหรือกลายพันธุ์มาจากพันธุ์ปัตตาเวีย มีปลูกมากที่ ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ในปัจจุบันมีการปลูกสับปะรดชนิดนี้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีรสหวานจัดเป็นที่นิยมของตลาด

13.2.5.6 **พันธุ์ตราดสีทอง** สับปะรดพันธุ์นี้จะไม่เหมือนพันธุ์อื่นตรงที่มีรสชาติหวานและกรอบทั้งผล โดยเฉพาะผิวเป็นตาๆ สีเหลือง

13.2.5.7 **พันธ์ภูแล** จะมีผลขนาดเล็ก เนื้อสีทอง กลิ่นหอม แกนสับปะรดกรอบรับประทานได้รสชาติหวานปานกลาง สับปะรดภูแลเชียงรายหรือในชื่อเรียกสับปะรดภูแลเป็นสับปะรดสายพันธุ์กลุ่มควีน ลูกเล็ก และสามารถปลูกได้ตลอดปี

14 ประโยชน์ของสับปะรด

14.1 เนื้อสับปะรด

ใช้รับประทานสดหรือแปรรูปเป็นสับปะรดแช่อิ่ม สับปะรดกวน สับปะรดแห้ง แยมสับปะรด สับปะรดกระป๋อง และน้ำสับปะรด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือใช้เนื้อสับปะรดกับปลาและเกลือหมักไว้ทำเป็นอาหารที่เรียกว่า “เค็มหมากนัด”

14.2 ใบสับปะรด

14.2.1 ใบสับปะรดสดสามารถนำมาทอเป็นผ้าใยสับปะรด ในฟิลิปปินส์ เรียกว่า “ผ้าบารอง’’ ราคาแพงนิยมตัดเป็นชุดสากลประจำของชาติฟิลิปปินส์และไต้หวัน

14.2.2 เยื่อกระดาษจากใบสับปะรดกระดาษจากใยสับปะรดจะได้กระดาษที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือ เบามาก มีผิวนุ่มเนียน สามารถบิดงอหรือเปลี่ยนรูปร่างได้ง่ายโดยไม่เสียหาย ในหลายประเทศใช้เป็นกระดาษสำหรับธนบัตร

14.3 เปลือกสับปะรด

เปลือกสับปะรดเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดหนึ่งที่มีปริมาณมาก เปลือกสับปะรดหากปล่อยทิ้งไว้จะเกิดเป็นขยะและการเน่าเสียเกิดเป็นก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งส่งกลิ่นรบกวนและยังเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน จึงนำเปลือกสับปะรดที่เหลือทิ้งมาทำประโยชน์ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาขยะเหลือทิ้ง (กะชามาศ สายดำ, 2558)

15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลักษมี สุทธิวิไลรัตน์ (2545) ได้ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วย โดยนำเปลือกกล้วยมาเผาเป็นถ่านด้วยเตาถังเดี่ยว พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านเฉลี่ย 17.13% และมีพลังงานความร้อนเฉลี่ย 6,771.16 แคลอรี/กรัม แต่ถ่านที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ไม่สะดวกต่อการนำไปใช้งาน และได้ทำฟืนอัดแท่งจากเปลือกกล้วย โดยใช้เปลือกกล้วยสับ 2,000 กรัม ผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 50, 100, 200 และ 300 กรัม พบว่า สามารถอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ แต่แท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีความหนาแน่นน้อย เมื่อแห้งไม่เกาะติดกัน จึงยังไม่เหมาะต่อการใช้งานเช่นกัน เมื่อนำถ่านเปลือกกล้วยมาทำถ่านอัดแท่ง โดยใช้ถ่านจากเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม ผสมกับน้ำแป้งมันสำปะหลังที่มีความเข้มข้นของแป้งต่อน้ำโดยน้ำหนักเท่ากับ 3%, 5%, 8% และ 10% พบว่า ทุกระดับความเข้มข้นของกาวสามารถอัดเป็นแท่งถ่านได้ อัตราส่วนที่ได้ถ่านอัดแท่งที่มีคุณสมบัติดีที่สุด คือ อัตราส่วนที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม กับน้ำแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้น 10% ซึ่งถ่านอัดแท่งมีค่างานที่ได้ 1.85 ประสิทธิภาพการใช้งาน 24.76% อัตราการเผาไหม้ 6.64 กรัม/นาที และพลังงานความร้อนเฉลี่ย 5,718.25 แคลอรี/กรัม

สังเวย เสวกวิหาร (2553) ได้ทำการศึกษาผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหินพานต์ โดยนำเปลือกเมล็ดมะม่วงหินพานต์มาเผาด้วยเตาแบบอังโล่ เตาเผาแบบอุณหภูมิสูง และเตาเผาแบบแผ่นเหล็ก พบว่า ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหินพานต์ที่ได้ยังคงรูปร่างลักษณะเดิมจากนั้นนำมาเข้าเครื่องบดละเอียดให้เป็นผงถ่าน ผสมผงถ่านกับแป้งมันในอัตราส่วน 5:1 (โดยละลายแป้งมันในน้ำร้อน 1 ลิตร จนเป็นกาวแป้งเปียก) ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน นำมาเข้าเครื่องอัดแท่งด้วย เครื่องอัดมือได้แท่งเชื้อเพลิงที่คงรูปไม่แตกหัก เมื่อนำไปตากแดดจนแห้งสนิทแล้วนำมา

ทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิง พบว่า เปลือกเมล็ดมะม่วงหินพานต์สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงในครัวเรือนได้

เกรียงไกร วงศาโรจน์ (2554) ได้ทำการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลจากสบู่ดำด้วยเทคนิคทรูชันแบบอัดรีดเย็น รวมทั้งศึกษาคุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในรูปของค่าความร้อนต้านทานแรงกล วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการทดลอง คือ ลำต้นและกิ่งสบู่ดำโดยนำไปผสมกับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่นๆ ได้แก่ แกลบ ชานอ้อย กากมันสำปะหลัง และซังข้าวโพด สารเหนียวที่ใช้เป็นตัวประสานทำจากแป้งเปียกและโมลาส ก่อนทำการผสมตัวประสานลงไป วัตถุดิบจะถูกบดด้วยเครื่องจนมีขนาดเล็กกว่า 3 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้แท่งเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพ นำวัตถุดิบมาผสมกับตัวประสานในสัดส่วนต่างๆ พบว่า ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงจะแปรผันตรงกับปริมาณสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นของสบู่ดำ และที่อัตราส่วนผสมเดียวกันแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานจะให้ค่าความร้อนสูงกว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้โมลาสเป็นตัวประสาน แต่อย่างไรก็ตามค่าความร้อนและค่าความต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตโดยใช้ตัวประสานทั้ง 2 ชนิด มีค่าสูงพอที่จะใช้ผลิตแท่งเชื้อเพลิง โดยค่าความร้อนมีค่าอยู่ประมาณ 1,599 แคลอรี/กรัม ค่าความต้านทานแรงกดอยู่ที่ 0.46 - 2.46 เมกกะปาสคาล

ธัญญรัตน์ อินทร์เจริญ (2554) ได้ทำการศึกษาพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน โดยการนำเปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนีและหมอนทองที่เหลือทิ้งมาสับด้วยเครื่องหั่นย่อยให้มีขนาด 8 มิลลิเมตร นำไปตากแดดให้มีความชื้นพอเหมาะต่อการอัดแท่ง 2 แบบ คือ แบบอัดร้อนและอัดเย็น จากนั้นนำแท่งเชื้อเพลิงแข็ง (ทั้งชนิดอัดร้อนและอัดเย็นของเปลือกทุเรียนทั้ง 2 สายพันธุ์) มาวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีปริมาณเถ้า 5.5 - 8.0% ปริมาณสารระเหย 72.4 - 81.1% ค่าคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดร้อนของเปลือกทุเรียนสายพันธุ์ชะนีและหมอนทอง มีค่าเท่ากับ 10.2% และ 7.2% ตามลำดับ ซึ่งจะสูงกว่าค่าคาร์บอนคงตัวของการอัดเย็นที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.3 - 7.6% ค่าความร้อนเปลือกทุเรียนอัดแท่งแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็นอยู่ระหว่าง 3,609 - 3,844 แคลอรี/กรัม โดยแท่งเชื้อเพลิงแบบอัดร้อนจะให้ค่าความร้อนสูงกว่าแบบอัดเย็นเล็กน้อย ค่าความหนาแน่นของถ่านเปลือกทุเรียนอัดแท่งแบบอัดร้อนจะมีค่า 2.9 และ 3.2 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนทั้งสองสายพันธุ์มีค่าการทนแรงอัดต่ำโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5.5 - 12.2 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ซึ่งการอัดร้อนจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าสูง คือ มีค่าระหว่าง 0.440 - 0.456 กิโลวัตต์/กิโลกรัม ในขณะที่การอัดเย็นจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเพียง 0.05 - 0.059 กิโลวัตต์/กิโลกรัม ซึ่งสรุปได้ว่า โดยทั่วไปเปลือกทุเรียนจะสามารถนำมาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงเพื่อใช้เป็นพลังงานความร้อนในครัวเรือนแทนฟืนและถ่านไม้ได้

สังเวย เสวกวิหาร (2555) ได้ทำการศึกษาศักยภาพด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมังคุด โดยนำเปลือกมังคุดที่เป็นของเหลือทิ้งจากครัวเรือนมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งแทนการใช้ฟืนและถ่านไม้ โดยใช้กาวแป้งเปียกเป็นตัวประสานและอัดแท่งด้วยเครื่องอัดมือ พบว่าเมื่อนำเปลือกมังคุดมาเผาจะได้ถ่านเปลือกมังคุดที่มีสีดำและน้ำหนักเบา จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดจนเป็นผงถ่าน ผสมผงถ่านเปลือกมังคุดกับแป้งมัน (โดยละลายแป้งมัน 200 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร จนเป็นกาวแป้งเปียก) ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วนำมาอัดได้แท่งเชื้อเพลิงที่คงรูปไม่แตกหัก เมื่อนำไปตากแดดจนแห้ง แล้วนำไปทดสอบศักยภาพด้านพลังงาน พบว่า มีค่าความร้อนเท่ากับ 5,920 แคลอรี/กรัม ปริมาณคาร์บอนคงตัว 61.7% ปริมาณเถ้า 7% อัตราการเผาไหม้ 11.80% สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่ง จากเปลือกมังคุดสามารถใช้หุงต้มได้ดี ไม่มีการแตกปะทุ ติดไฟดี ไม่มีเขม่า ไม่มีควัน และไม่มีกลิ่นรบกวนขณะใช้งานแท่งเชื้อเพลิงนี้จึงเหมาะสำหรับจะผลิตเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนและชุมชน หรือผลิตเพื่อการค้าและในอุตสาหกรรม แทนการใช้เชื้อเพลิงจากฟืนและถ่านไม้ซึ่งจะช่วยลดภาวะโลกร้อนได้

ธนาพล ตันติสัตยกุล (2558) ได้ศึกษาความเหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด โดยนำเปลือกสับปะรดที่เหลือทิ้งมาเข้าเครื่องย่อยเป็นชิ้นและนำมาอัดแท่งแบบอัดเย็นโดยใช้น้ำแป้งเป็นตัวประสาน (อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง 50 กรัม:น้ำ 1 ลิตร) อัตราส่วนเปลือกสับปะรด:น้ำแป้งมันสำปะหลัง (10:5, 10:6, 10:7, 10:8 และ 10:9) นำมาอัดเป็นแท่ง จากนั้นนำมาตากแดด 1 อาทิตย์ โดยการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การศึกษาความเหมาะสมทางเทคนิคซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์สมบัติด้านเชื้อเพลิงของแท่งเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM และวิเคราะห์ผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมในรูปของการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผลการศึกษาพบว่า แท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 3,235 - 3,389 แคลอรี/กรัม ค่าความชื้น 12.7- 20.5% ปริมาณสารระเหย 56 - 68.9% ปริมาณเถ้า 3.1 - 3.6% คาร์บอนคงตัว 9.9 - 20.7% รวมทั้งได้นำค่าที่ได้จากการศึกษาไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น โดยเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากกิ่งสบู่ดำ เปลือกมังคุด เปลือกทุเรียน และทางมะพร้าว ซึ่งเมื่อพิจารณาองค์ประกอบของเชื้อเพลิง พบว่า เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด มีปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า และคาร์บอนคงตัวดีกว่าเชื้อเพลิงชีวมวลจากงานวิจัยอื่นแต่มีปริมาณความชื้นด้อยกว่า และยังพบว่า การใช้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดแทนฟืนไม้สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 13.13 kg CO_2eq/kg เปลือกสับปะรดแห้งที่ใช้

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเห็นได้ว่า วัสดุเหลือทิ้ง เช่น เปลือกมังคุด เปลือกสับปะรด เปลือกทุเรียน เปลือกเมล็ดมะม่วงหินพานต์ และกิ่งสบู่ดำ สามารถนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งที่มีคุณภาพดีได้ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงในครัวเรือนแทนการใช้ถ่านไม้และฟืนได้

รวมทั้งการผลิตถ่านอัดแท่งไม่มีการใช้สารเคมีใด ดังนั้น ถ่านอัดแท่งจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด ซึ่งเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรมาใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้แก่วัสดุเหลือทิ้งช่วยลดปริมาณขยะมูลฝอยที่ต้องนำไปกำจัด และช่วยลดการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อนำมาทำฟืนและถ่านได้

16 วิธีการดำเนินการวิจัย

16.1 วิธีดำเนินการ

การศึกษานี้ประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมเปลือกสับปะรด การเผาเปลือกสับปะรด การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด (โดยวิธีการอัดเย็น) การทดสอบการบีบและการตกกระแทกของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด การศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด และการศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่ง (สำหรับภาพประกอบการศึกษาแต่ละขั้นตอนแสดงไว้ใน**ภาคผนวก ง**)

ขั้นตอน 1 การเตรียมเปลือกสับปะรด

16.1.1 เก็บเปลือกสับปะรดที่เป็นขยะเหลือทิ้งจากร้านขายผลไม้ บริเวณตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา นำมาล้างทำความสะอาด

16.1.2 นำเปลือกสับปะรดมาตากแดดให้แห้งสนิทเป็นเวลา 1 - 2 อาทิตย์ หรือจนได้เปลือกสับปะรดที่แห้ง

ขั้นตอนที่ 2 การเผาเปลือกสับปะรด

16.1.3 ใช้ถังน้ำมันที่มีขนาด 200 ลิตร ที่มีฝาปิดเป็นเตาเผา เพราะทำได้ง่าย สะดวก ประหยัด รวดเร็ว โดยการนำเปลือกสับปะรดตากแห้งใส่ในตะแกรงลวดนำไปใส่ในเตาเผา จุดเชื้อไฟเผาให้เปลือกสับปะรดลุกไหม้ทั่วกันทั้งตะแกรงปิดฝาเผานาน 15 นาที แล้วปล่อยให้เตาเผาเย็น จึงเปิดฝาเตาจะได้ถ่านเปลือกสับปะรดที่มีลักษณะสีดำและมีน้ำหนักเบา

ข้อสังเกต ถ่านเปลือกสับปะรดที่นำไปอัดแท่งต้องดำสนิท ไหม้หมด ชาวบ้านเรียกว่า “สุกได้ที่” หากมีสีน้ำตาล แสดงว่า ไหม้ไม่หมดต้องนำไปเผาใหม่ เนื่องจากหากนำไปใช้เป็นถ่านอัดแท่งแล้วจะทำให้มีควันมาก (นายจงกล สุภารัตน์, 2555)

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดโดยวิธีการอัดเย็น

16.1.4 นำถ่านเปลือกสับปะรดที่ได้จากการเผามาบดด้วยครกบดจนเป็นผงถ่าน จากนั้นร่อนด้วยตะแกรงขนาด 1 ไมครอน นำผงถ่านเปลือกสับปะรดผสมกับกาวแป้งเปียกตาม

อัตราส่วนต่างๆ 5 อัตราส่วน ดังแสดงใน**ตารางที่ 3.1** จากนั้นอัดเป็นแท่งด้วยวิธีอัดเย็น โดยใช้เครื่องอัดมือ ซึ่งเป็นแท่งทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตรและขนาดความสูง 4.5 เซนติเมตร

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผงถ่านเปลือกสับปะรด:กาวแป้งเปียก (อัตราส่วนโดยน้ำหนัก)

ตัวอย่าง	อัตราส่วน	ถ่านเปลือกสับปะรด (กิโลกรัม)	กาวแป้งเปียก (มิลลิลิตร)
1	1:0.5	1	500
2	1:0.75	1	750
3	1:1	1	1,000
4	1:1.5	1	1,500
5	1:2	1	2,000

***หมายเหตุ:** กาวแป้งเปียกผสมด้วยสัดส่วน แป้งมันสำปะหลัง 200 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร

ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบการบีบและการตกกระแทกของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

การทดสอบการบีบและการตกกระแทกเป็นการทดสอบเพื่อดูความสามารถของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดในการคงรูปเป็นแท่งและความแกร่งของถ่าน โดยมีรายละเอียดวิธีการทดสอบดังนี้

1) การทดสอบการบีบ ทำได้โดยใช้มือบีบก้อนถ่านอัดแท่ง เพื่อดูว่าก้อนถ่านที่ทดสอบเกิดการแตกหักขึ้นหรือยังคงรูปเดิม

2) การตกกระแทก ทำได้โดยการปล่อยถ่านอัดแท่งที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร และ 100 เซนติเมตร เพื่อดูว่าก้อนถ่านอัดแท่งที่ปล่อยลงมามีการแตกหักหรือยังคงรูปเดิมของก้อนถ่าน

จากนั้นเลือกถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดที่มีอัตราส่วนที่เหมาะสม (ยังคงรูปเดิมไม่แตกหัก) มา 3 อัตราส่วน เพื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดและประสิทธิภาพการใช้งานต่อไป

ขั้นตอนที่ 5 ศึกษาคุณสมบัติการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

จากการศึกษาคุณสมบัติการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด โดยนำถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดมาบดเป็นผงแล้วร่อนด้วยตะแกรงขนาด 1 ไมครอน แล้วนำไปตรวจวิเคราะห์หาสมบัติด้านเชื้อเพลิง ดังแสดงรายละเอียดใน**ตารางที่ 3.2** (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553)

ตารางที่ 3.2 การตรวจวิเคราะห์หาสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่ง

พารามิเตอร์	วิธีการ
ความชื้น (Moisture Content; %)	ASTM D3173
ปริมารเถ้า (Ash Content; %)	ASTM D3174
ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter; %)	ASTM D3175
คาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon; %)	ASTM D3172
~~ค่าความร้อน (Heating Value; แคลอรี่/กรัม)~~	~~ASTM D5865~~

ขั้นตอนที่ 6 การศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

นำถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดที่ตากแดดจนแห้งสนิทมาศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มโดยการต้มน้ำ 1,500 กรัม ด้วยถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด 500 กรัม สังเกตการแตกปะทุของเชื้อเพลิง ปริมาณควันของเชื้อเพลิง ขณะติดไฟ วัดอุณหภูมิของน้ำ และบันทึกเวลาที่ใช้จนกระทั่งน้ำเดือด

การคำนวณค่างานที่ได้ อัตราการเผาไหม้ และประสิทธิ์ภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดมีรายละเอียดดังนี้ (ธีระพงษ์ คูหากาญน์, 2550)

$$\text{งานที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ(กรัม)}}$$

$$\text{อัตราการเผาไหม้} = \frac{\text{น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ(กรัม)}}{\text{ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด (กรัม)}}$$

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้งาน } (H_u) = \frac{[M\ Cp\ (T_2 - T_1)] + [(M - M_1)L] \times 100}{(M_f H_1 + M_k H_2)}$$

เมื่อ H_u = ประสิทธิภาพการใช้งาน (%)

M = น้ำหนักน้ำเริ่มต้น (กรัม)

M_1 = น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่ (กรัม)

M_f = น้ำหนักเชื้อเพลิง (ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด) (กรัม)

M_k = น้ำหนักเชื้อไฟ (เศษไม้ กิ่งไม้แห้ง) (กรัม)

C_p = ความร้อนจำเพาะของน้ำ เท่ากับ 1 แคลอรี/กรัม

T_1 = อุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ (^oC)

T_2 = อุณหภูมิของน้ำเดือด (^oC)

L = ความร้อนแฝงของน้ำ เท่ากับ 540 แคลอรี/กรัม

H_1 = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด)

H_2 = ค่าความร้อนของเชื้อไฟซึ่งมีค่า 4,280 แคลอรี/กรัม

16.2 วัตถุดิบ

1) เปลือกสับปะรด
2) แป้งมันสำปะหลัง
3) น้ำสะอาด

16.3 วัสดุและอุปกรณ์

1) ถังน้ำมัน ขนาด 200 ลิตร
2) ครกบด
3) ถาดอะลูมิเนียม
4) หม้ออะลูมิเนียม เบอร์ 20
5) เตาอังโล่
6) ตะแกรงตากเปลือกสับปะรด
7) ตะแกรงร่อนขนาด 1 ไมครอน
8) ถังพลาสติก
9) บีกเกอร์
10) ถุงมือกันความร้อน
11) เข่งใส่เปลือกสับปะรด

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

12) กระบอกอัดสำหรับอัดถ่านอัดแท่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ความสูง 4.5 เซนติเมตร

13) เทอร์โมมิเตอร์

14) แท่งแก้ว

16.3.1 เครื่องมือ

1) ตู้อบ (Hot Air Oven) รุ่น D-91126 Schwabach ยี่ห้อ Memmert

2) เตาเผา (Furnace) รุ่น RWF1100 ยี่ห้อ CARBOLITE

3) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Analytical Balance) รุ่น AL204 ยี่ห้อ METLER TOLEDO

4) ถ้วย Crucible

5) โถดูดความชื้น (Desiccators)

17 การวิเคราะห์ข้อมูล

17.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน ในการนำเสนอผลการศึกษา

17.2 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น

โดยใช้ค่าวัสดุและค่าดำเนินการผลิตมาวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น เพื่อเปรียบเทียบราคาของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดกับราคาของถ่านอัดแท่งไม้กับถ่านไม้ที่ขายตามท้องตลาด

18 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด ใช้เวลาในการศึกษาทั้งสิ้น 10 เดือน ได้เริ่มต้นทำการศึกษามาตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 จนถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2560 ดังแสดงรายละเอียดใน**ตารางที่ 1.1**

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงการ

ขั้นตอนดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินการวิจัย									
	2559	2560								
	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1. ศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลและตรวจสอบเอกสาร	—	—								
2. ~~จัดทำโครงร่างและเสนอโครง~~ ร่างวิจัยเฉพาะทาง		—								
3. ดำเนินการวิจัยเฉพาะทาง		—	—	—	—					
4. วิเคราะห์ผลการทดลอง					—	—				
5. สรุปผลการศึกษาและอภิปรายผล					—	—	—			
6. สอบความก้าวหน้าวิจัย						—				
7. สอบจบวิจัยเฉพาะทาง								—		
8. จัดทำเล่มวิจัยเฉพาะทาง							—	—	—	—

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ง

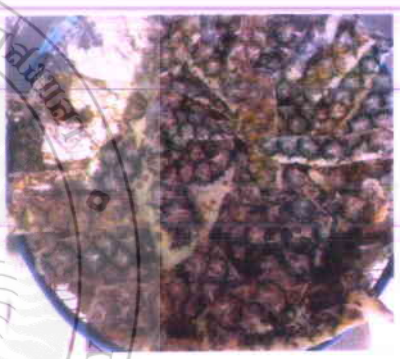
ภาพประกอบการวิจัย

ภาพประกอบการวิจัย

สับปะรด

เปลือกสับปะรดสด

ล้างทำความสะอาด



เปลือกสับปะรดนำใส่ในตะแกรง

เปลือกสับปะรดตากแดด 1-3 วัน

เปลือกสับปะรดตากแดด 4 วัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

เปลือกสับปะรดตากแดด 7-8 วัน

ใส่เปลือกสับปะรดในตะแกรงลวด

รูปที่ ผง-1 การเตรียมเปลือกสับปะรด

จุดเชื้อไฟเผาเปลือกสับปะรด

นำตะแกรงลวดใส่เตาเผา

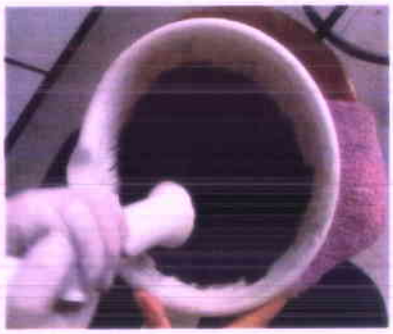
ปล่อยให้เย็นแล้วเปิดฝาเตา

ถ่านเปลือกสับปะรด

รูปที่ ผง-2 การเผาเปลือกสับปะรด

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ถ่านเปลือกสับปะรดในโกร่งบด



บดถ่านให้เป็นผงละเอียด

ร่อนผงถ่านเปลือกสับปะรด

ชั่งผงถ่านเปลือกสับปะรด

ชั่งแป้งมัน

คนแป้งมันจนเป็นกาวแป้งเปียก

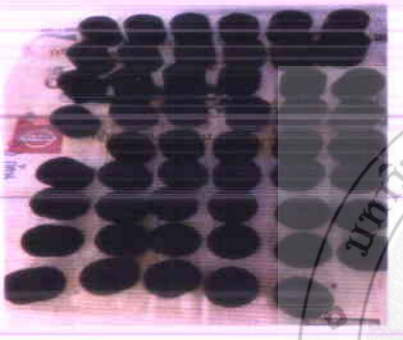
ผสมกาวแป้งเปียกลงในผงถ่าน

ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

อัดแท่งด้วยเครื่องอัดมือ

อัดแท่งด้วยเครื่องอัดมือ



ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

ชั่งน้ำหนักถ่านก่อนตากแดด

นำถ่านอัดแท่งไปตากแดด

ชั่งน้ำหนักถ่านหลังตากแดด

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

วัดขนาดถ่านอัดแท่ง

บรรจุใส่ถุงเพื่อนำมาวิเคราะห์

รูปที่ ผง-3 การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

ทดสอบการบีบ

ทดสอบการตกกระแทกที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร

ทดสอบการตกกระแทกที่ระดับความสูง 100 เซนติเมตร

รูปที่ ผง-4 ทดสอบการบีบและการตกกระแทกของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

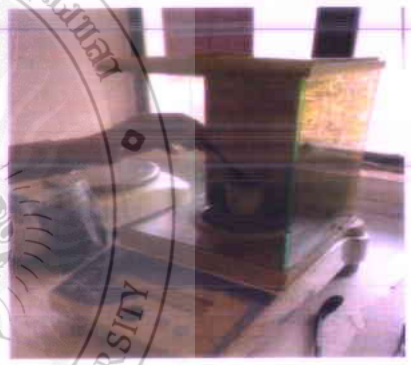
ค่าปริมาณความชื้น (moisture content) ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3173

นำถ้วย Crcible ที่สะอาดไปอบ

ที่อุณหภูมิ 105°C 30 นาที

ใส่โถดูดความชื้น 1 ชั่วโมง

นำมาชั่งน้ำหนัก



ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1 กรัม (W_1)

นำถ้วย Ceucible ที่ใส่ตัวอย่าง อบ 1 คืน

อุณหภูมิ 105°C

ใส่ในโถดูดความชื้น 3 ชั่งโมง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ชั่งน้ำหนัก (W_2)

ปริมาณเถ้า (Ash content) ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3174

นำถ้วย Crucible ที่สะอาดไปอบ ที่อุณหภูมิ 105°C 30 นาที

ใส่โถดูดความชื้น 1 ชั่วโมง

ชั่งน้ำหนัก

ชั่งน้ำหนักสารตัวอย่าง (W_3)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

เผาที่อุณหภูมิ 750°C 4 ชั่วโมง

ใส่โถดูดความชื้น 1 ชั่วโมง

ชั่งน้ำหนัก (W_4)

ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter) ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3175

เผา crucible พร้อมฝาที่

อุณหภูมิ 950°C เวลา 30 นาที

ใส่โถดูดความชื้น 1 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ชั่งน้ำหนักถ้วย

ชั่งน้ำหนักสารตัวอย่าง (W_5)

เผาที่อุณหภูมิ 950°C 7 นาที

ใส่โถดูดความชื้น 2 ชั่วโมง

ชั่งน้ำหนัก (W_6)

รูปที่ ผง-5 ศึกษาสมบัติการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

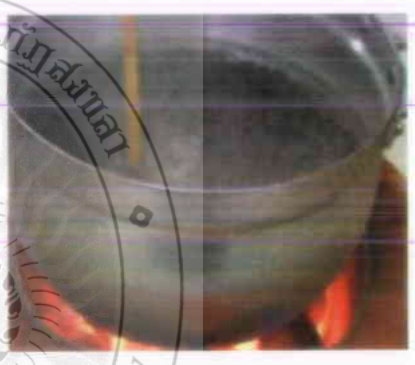
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ทดสอบประสิทธิภาพถ่านอัดแท่ง

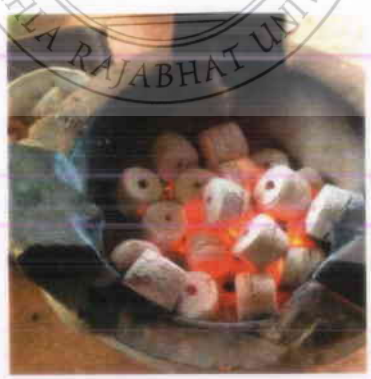
ต้มน้ำ 1,500 กรัม ในหม้ออลูมิเนียม

จากเปลือกสับปะรด 500 กรัม

วัดอุณหภูมิของน้ำเริ่มต้น (T_1)



วัดอุณหภูมิของน้ำเดือด (T_2)



ปล่อยเชื้อเพลิงดับเป็นถ่าน

รูปที่ ผง-6 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก จ

ประวัติผู้ทำวิจัย

ประวัติผู้วิจัย

1. **ชื่อ-สกุล** นางสาวสุไวดา หลังยาหน่าย
   วัน เดือน ปีเกิด 1 พฤษภาคม 2535
   ที่อยู่ 172 หมู่ที่ 2 ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล 91160
   093-6017503
   การศึกษา ศึกษาระดับปริญญาตรี
   ชั้นปีที่ 4 โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
   คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

2. **ชื่อ-สกุล** นางสาวเสาวลักษณ์ ลิ่มศรีพุทธิ์
   วัน เดือน ปีเกิด 9 ธันวาคม 2536
   ที่อยู่ 83/ 1 หมู่ที่ 1 ตำบลแป-ระ อำเภอท่าแพ จังหวัดสตูล 91150
   089-2949850
   การศึกษา - ศึกษาระดับปริญญาตรี
   ชั้นปีที่ 4 โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
   คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY