คณิตศาสตร์
ปีงบประมาณ 2561

รายงานวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

Study on the Possibility of the Production of Charcoal Briquette from Pomelo Peel

ชนิกานต์ ทิศเมือง
สุกัญญา จันทร์บุญแก้ว

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
2561

ใบรับรองงานวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ชื่อเรื่องงานวิจัย การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ
Study on the Possibility of the Production of Charcoal Briquette from Pomelo Peel

ชื่อผู้ทำงานวิจัย ชนิกานต์ ทิศเมือง และสุกัญญา จันทร์บุญแก้ว

คณะกรรมการสอบโครงการวิจัย

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์นัดดา โปดำ)

..... ประธานกรรมการสอบ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขวัญกมล ขุนพิทักษ์)

..... กรรมการสอบ
(อาจารย์ ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ)

..... กรรมการสอบ
(อาจารย์หิรัญวดี สุวิบูรณ์)

..... กรรมการสอบ
(อาจารย์นัดดา โปดำ)

..... ประธานหลักสูตร
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขวัญกมล ขุนพิทักษ์)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุมัติ เดชนะ)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เมื่อวันที่ 5 ก.ค. 2562 เดือน.....พ.ศ.....

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ชื่อเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ
ชื่อผู้ทำงานวิจัย นางสาวชนิกานต์ ทิศเมือง รหัสนักศึกษา 584232002
นางสาวสุกัญญา จันทร์บุญแก้ว รหัสนักศึกษา 584232022
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์นัดดา โปดำ
หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
สถาบัน มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ ซึ่งเป็นการนำเอาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ มาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งโดยนำเอาเปลือกส้มโอที่ตากแห้งมาเผาเป็นถ่านแล้วนำไปบดให้เป็นผงถ่านจากนั้นนำไปผสมกับกาวแป้งเปียกในอัตราส่วน 1.0:0.5, 1.0:0.75, 1.0:1, 1.0:1.5 และ 1.0:2 แล้วนำไปอัดเป็นแท่งด้วยวิธีการอัดเย็นโดยใช้เครื่องอัดแรงคน จากนั้นนำถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอที่ได้มาทดสอบลักษณะทั่วไป การบีบและการตกกระแทก สมบัติด้านเชื้อเพลิง และประสิทธิภาพการใช้งาน ผลการศึกษา พบว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโออัตราส่วน 1.0:1 ดีที่สุด ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) เนื่องจากลักษณะทั่วไปของถ่านอัดแท่งมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน และมีสีดำสม่ำเสมอ ไม่แตกหักจากการบีบและการตกกระแทก ส่วนการทดสอบสมบัติด้านเชื้อเพลิง พบว่า มีปริมาณความชื้นร้อยละ 4.83 ปริมาณสารระเหยร้อยละ 24.50 ปริมาณเถ้าร้อยละ 6.52 ปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 64.13 และค่าความร้อนร้อยละ 5,617.69 แคลอรี่ต่อกรัม สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน พบว่า มีประสิทธิภาพการใช้งานร้อยละ 18.74 เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านไม้และถ่านอัดแท่ง (ซื้อจากตลาด) จะมีคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงและมีประสิทธิภาพการใช้งานที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเปลือกส้มโอมีความเป็นไปได้ในการผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง เพื่อทดแทนถ่านไม้และฟืนจากธรรมชาติ และยังช่วยลดปัญหามลภาวะขยะเหลือทิ้ง และเป็นทางเลือกด้านพลังงานใช้แทนก๊าซหุงต้มได้

คำสำคัญ : เปลือกส้มโอ ถ่านอัดแท่ง

เลข Bib# 00A39214
วันที่ 11 ก.พ. 2563
เลขเรียกหนังสือ 662.84

Title	Study on the possibility of the production of charcoal briquette from pomelo peel
Authors	Miss Chanikan Tismuang Student Code 584232002
	Miss Sukanya Janbunkaew Student Code 584232022
Advisor	Miss Nadda Podam
Bachelor of Science	Environmental Science
Institute	Songkhla Rajabhat University
Academic year	2018

Abstract

This research is a feasibility study of the production of charcoal briquette from grapefruit peel which is used to bring agricultural waste to be useful. The first step is to bring the dried grapefruit peel to burn as charcoal and then grind it into charcoal powder. Then mixed with wet glue in the ratio of 1.0: 0.5, 1.0: 0.75, 1.0: 1, 1.0: 1.5 and 1.0: 2 and then pressed into bars using cold compression method by using a compression such as squeezing, falling, machine. The final step is to bring compressed briquette to test the general properties fuel properties and efficiency. The results showed that the charcoal briquette from the grapefruit peel ratio of 1.0: 1 was the best according to the community product standard, charcoal briquette (CPS.238/2547) due to the general nature of the charcoal briquette having similar shape and size, there is a common black color and does not break from squeezing and falling. For fuel properties, it was found that moisture content, volatile matter, ash content, fixed carbon and heat value were 4.83%, 24.50%, 6.52%, 64.13% and 5,617.69 cal/g. For the performance testing, it was found that the efficiency was 18.74% compared to charcoal and briquette (bought from the market) which had similar fuel properties and efficiency. Therefore, it can be concluded that the grapefruit peel is possible to produce as charcoal briquette to replace charcoal and natural firewood while also helping to reduce waste and is an alternative energy that can be used instead of LPG.

Key word : Pomelo Peel Charcoal Briquette

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จและสมบูรณ์ลงด้วยดี ด้วยความกรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดจนข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยด้วยดีเสมอมาจาก อาจารย์นัดดา โปดำ อาจารย์ที่ปรึกษา และขอขอบคุณคณะกรรมการสอบ ตลอดจนอาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ที่กรุณาช่วยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนรายงานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ นายสอแหละ บางูสัน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ นายจรูณ จันทมุนี ชาวสวนส้มโอ ตำบลเกาะทวด อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ให้ความอนุเคราะห์เปลือกส้มโอที่ใช้ในงานวิจัย และนายอับดนหร้อซักส์ จันทการักษ์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่เผาถ่านและผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

ขอขอบพระคุณ บิดามารดา ที่ให้การสนับสนุนกำลังทรัพย์ และคอยเป็นแรงบันดาลใจและให้กำลังใจในการต่อสู้ปัญหาอุปสรรคต่าง ๆ ในระหว่างการทำวิจัยมาตลอด

ชนิกานต์ ทิศเมือง
สุกัญญา จันทร์บุญแก้ว
มิถุนายน 2562

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ตัวแปร	2
1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย	2
1.5 สมมติฐาน	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.7 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ข้อมูลทั่วไปของส้มโอ	4
2.2 การผลิตถ่านอัดแท่ง	9
2.3 สมบัติเฉพาะตัวของถ่านอัดแท่ง	12
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	
3.1 กรอบแนวคิดการศึกษา	18
3.2 ขอบเขตการวิจัย	19
3.3 วัตถุดิบ วัสดุ และอุปกรณ์	19
3.4 วิธีการวิเคราะห์	20
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	27

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

4.1 ผลการผลิตถ่านเปลือกส้มโอ 28

4.2 ผลการทดสอบค่าความร้อนของวัตถุดิบ 28

4.3 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ 29

4.4 ผลการทดสอบสมบัติด้านเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ 33

4.5 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ 38

4.6 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น 40

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 42

5.2 ข้อเสนอแนะ 43

บรรณานุกรม 44

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ผก-1

ภาคผนวก ข มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้หุงต้ม ผข-1

ภาคผนวก ค แบบเสนอโครงร่างวิจัย ผค-1

ภาคผนวก ง ภาพประกอบขั้นตอนการดำเนินวิจัย ผง-1

ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์สถิติ T-test ผจ-1

ภาคผนวก ฉ ประวัติผู้ทำวิจัย ผฉ-1

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.7-1	แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	3
2.5-1	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง	14
3.4-1	อัตราส่วนผงถ่านเปลือกส้มโอต่อตัวประสาน	22
4.1-1	ผลการผลิตถ่านจากเปลือกส้มโอ	28
4.2-1	ค่าความร้อนของวัตถุดิบ	29
4.3-1	ผลการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ	30
4.3-2	การทดสอบลักษณะทั่วไปของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ	31
4.3-3	ผลการทดสอบการบีบและการตกกระแทกของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ	32
4.4-1	การทดสอบสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอกับค่ามาตรฐาน	37
4.5-1	ประสิทธิภาพการใช้งานถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ ถ่านอัดแท่งและถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)	39
4.5-2	ค่าประสิทธิการใช้งานถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ ถ่านอัดแท่งและถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)	39
4.6-1	ต้นทุนการผลิตเบื้องต้นในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ	40
4.6-2	ราคาถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอเปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่ง และถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)	41

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1-1	ส้มโอ	4
3.3-1	กรอบแนวคิดการศึกษา	18
4.3-2	การทดสอบลักษณะทั่วไปของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ	30
4.3-3	ผลการทดสอบการบีบและการตกกระแทกของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ	32
4.4-1	ปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ	33
4.4-2	ปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ	34
4.4-3	ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ	35
4.4-4	ปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ	35
4.4-5	ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ	36
4.5-1	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ กับถ่านอัดแท่ง และถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)	38

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

พลังงานเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบัน ประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยก๊าซธรรมชาติมีสัดส่วนการใช้มากที่สุดรองลงมาคือน้ำมันเป็นพลังงานสิ้นเปลืองที่ใช้แล้วหมดไป (ศูนย์พยากรณ์และสารสนเทศพลังงาน ปี2559) ในปัจจุบันมีการหันมาสนใจในเรื่องพลังงานทดแทนซึ่งหลายรูปแบบ ได้แก่ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานคลื่น และพลังงานชีวมวล เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันผู้คนได้มีการหันมาใช้พลังงานทดแทนอย่างแพร่หลาย หนึ่งในนั้นคือพลังงานชีวมวลเป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งเป็นการนำเอาผลผลิตทางการเกษตรที่เหลือทิ้งมาทำให้เกิดประโยชน์ และช่วยลดปัญหาลดปัญหาปริมาณขยะ ถ้าหากปล่อยทิ้งไว้จะเกิดการเน่าเสียเกิดก๊าซมีเทนซึ่งทำให้ส่งกลิ่นรบกวนอีกด้วยและยังช่วยแก้ไขปัญหาวัสดุเหลือใช้ในเวลาเดียวกัน ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงมีศักยภาพสูงในเรื่องของแหล่งพลังงานชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งเพื่อลดการใช้ถ่านจากไม้ฟืนได้ และยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และช่วยแก้ปัญหาในเรื่องวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีปริมาณมากวัสดุที่เหลือทิ้งที่สามารถนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งได้มีมากมายหลายชนิด เช่น งานวิจัยที่เกี่ยวข้องของ ธัญญรัตน์ อินทร์เจริญ, (2549) ที่ทำการศึกษาวิจัยพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน และงานวิจัยของ สังเวย เสวกวิหา, (2553) ที่ทำการศึกษาพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

เปลือกส้มโอเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดหนึ่งที่มีปริมาณมากในประเทศไทย ในส่วนของเปลือกส้มโอที่เป็นสีเขียว และสีขาวถ้าทิ้งไว้ก็ไม่เกิดประโยชน์อะไรซึ่งส่งกลิ่นรบกวน และยังเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน จึงนำเปลือกส้มโอที่เหลือทิ้งมาทำให้เกิดประโยชน์ โดยการนำมาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาขยะเหลือทิ้ง ลดปัญหาการขาดแคลนพลังงาน ลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากน้ำมัน ช่วยแก้ปัญหาการกำจัดของเสีย และลดปัญหาการใช้ฟืน และถ่านไม้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำเปลือกส้มโอซึ่งเป็นวัสดุที่เหลือทิ้งทางการเกษตรมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนจากการใช้ถ่านไม้ที่มาจากป่าไม้ธรรมชาติและการใช้ฟืน

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

1.3 ตัวแปร

ตัวแปรต้น : อัตราส่วนระหว่างผงถ่านเปลือกส้มโอกับตัวประสาน

ตัวแปรตาม : ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์บอนคงตัว ค่าความร้อน และประสิทธิภาพการใช้งาน

ตัวแปรควบคุม : วิธีการอัดแท่ง ขนาด และรูปทรงของถ่านอัดแท่ง

1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

ถ่านอัดแท่ง หมายถึง การนำเอาวัตถุดิบธรรมชาติมาเผาจนเป็นถ่านและบดจนเป็นผงแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ (สังเวย เสวกวิหาร, 2553)

ตัวประสาน หมายถึง ของเหลวที่ได้จากการนำแป้งมันสำปะหลัง 200 กรัม ผสมกับน้ำ 1 ลิตร แล้วนำไปให้ความร้อนคนจนเป็นเนื้อเดียวกัน มีลักษณะเนื้อขาวใสละเอียดและหนืด (สุไวดา หลังยาหน่าย และเสาวลักษณ์ ลิ่มศรีพุทธิ์, 2560)

เปลือกส้มโอ หมายถึง ส่วนที่ทำหน้าที่ห่อหุ้มผลส้มโอที่อยู่ข้างในเอาไว้ ลักษณะเปลือกสีเขียวที่อยู่ภายนอกสุดคือเปลือกผลชั้นนอก เปลือกส้มโอส่วนที่มีสีขาวเป็นเยื่อนุ่มๆคือส่วนของเปลือกผลชั้นกลาง

การอัดเย็น หมายถึง การนำวัสดุที่เผาเป็นถ่านแล้วมาบดให้ละเอียด แล้วนำมาผสมกับตัวประสานในอัตราส่วนที่ต้องการ แล้วนำมาอัดเป็นแท่ง (สุไวดา หลังยาหน่าย และเสาวลักษณ์ ลิ่มศรีพุทธิ์, 2560)

1.5 สมมติฐาน

เปลือกส้มโอสามารถนำมาผลิตถ่านอัดแท่งได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช. 238/2547)

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรและสร้างรายได้เสริมให้กับตนเอง

1.6.2 นำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้ จากที่ใช้ฟืนจากต้นไม้ช่วยลดการทำลายป่าไม้ และยังลดค่าใช้จ่ายจากการใช้ก๊าซหุงต้มในครัวเรือน

1.6.3 ลดปัญหามลภาวะขยะเหลือทิ้ง

1.7 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ ใช้เวลาในการศึกษาตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2560 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2561 รายละเอียดดังแสดงใน**ตารางที่ 1.7-1** และโครงร่างวิจัยแสดงใน**ภาคผนวก ค**

ตารางที่ 1.7-1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินการวิจัย														
	2560					2561									
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
รวบรวมข้อมูลและตรวจเอกสาร	—	—														
สอบโครงร่างวิจัย		◆														
ทำการทดลองภาคสนาม			—	—	—	—										
ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ						—	—	—								
สอบรายงานความก้าวหน้าวิจัย								◆								
วิเคราะห์ผลและสรุปผล									—	—	—					
การเขียนเล่มวิจัย											—	—	—	—		
สอบจบวิจัยเฉพาะทาง															◆	
แก้ไขเล่มวิจัยและส่งเล่มวิจัยฉบับสมบูรณ์															—	—

หมายเหตุ : ◆ หมายถึง ช่วงดำเนินการสอบวิจัย

— หมายถึง ช่วงระยะเวลาที่ทำการวิจัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปของส้มโอ

ส้มโอเป็นพืชในตระกูลเดียวกันกับส้ม ซึ่งเดิมทีเรามักมีความเข้าใจว่า ส้มโอเป็นส้มชนิดหนึ่ง เหมือนกับส้มผลเล็ก หรือส้มชนิดกึ่งส้มโอกับส้มเกลี้ยงที่เรานิยมรับประทาน ในทุกวันนี้ที่ใช้คำเรียกว่า "pomelo" หรือที่เรียกในคำไทย คือ ส้มโอฝรั่ง แต่ความจริงแล้ว ส้มโอ ต่างจากชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงลักษณะอื่นที่ต่างกัน อาทิ ส้มผลเล็กจะมีรสขมอมเปรี้ยว มีเนื้อเป็นกุ้งเล็กๆ และเรียวยาว เวลารับประทานนิยมใช้มีดผ่าครึ่ง แล้วใช้ช้อนตักรับประทานส่วนส้มโอจะมีรสหวานหรือหวานอมเปรี้ยว เนื้อเป็นกุ้งใหญ่ และอวบนูน เวลารับประทานนิยมแกะเปลือกออกก่อนจนเหลือแค่กลีบเนื้อผล การปลูกส้มโอในประเทศไทยในช่วงแรกๆ จะมีการปลูกบริเวณริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงพระนคร และฝั่งธนบุรี ต่อมาจึงส่งเสริม และแพร่กันปลูกมากทั่วภาคกลาง ซึ่งพัฒนาสายพันธุ์ได้มากมาย โดยมีจุดเริ่มต้นของสายพันธุ์ในแถบจังหวัดภาคกลาง รายละเอียดดังแสดงใน **ภาพที่ 2.1-1**

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Citrus maxima (Burm.) Merrill ,C. grandis (L.) Osbeck*

ชื่อสามัญ : Pomelo , Pummel , Shaddock , Pumpelmoes , Pomplemose

ชื่อวงศ์ : Rutaceae

ภาพที่ 2.1-1 ส้มโอ

ที่มา : วิษณุ อุทโยภาศ (2547)

2.1.1 ถิ่นกำเนิด

ส้มโอเป็นพืชในสกุลเดียวกับส้มเขียวหวาน เลมอน มะกรูด และมะนาว มีถิ่นกำเนิดในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ นักเดินเรือชาวยุโรปนำส้มโอไปปลูกในหมู่เกาะบาเบดอส และเป็นต้นกำเนิดของส้มเกรปฟรุท (grapefruit) ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตสำคัญของโลก และมีส้มโอพันธุ์ดีอยู่เป็นจำนวนมาก (วิษณุ อุทโยภาศ, 2547)

2.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

1) ลำต้น มีลักษณะค่อนข้างเป็นเหลี่ยม และมีรูปทรงที่ไม่แน่นอน มีความสูงประมาณ 5-15 เมตร แตกกิ่งแขนงมาก กิ่งอ่อนมีขนปกคลุม กิ่งมีหนามรูปทรงอ้วนยาวประมาณ 1-5 เซนติเมตร มีทรงพุ่มบริเวณส่วนปลายของลำต้น ขนาดทรงพุ่มประมาณ 3-4 เมตร เปลือกมีสีน้ำตาลอมเทาส่วนเนื้อไม้มีลักษณะเหนียวแต่ไม่แข็งกิ่งหักได้ยาก

2) ใบ เป็นพืชใบเลี้ยงคู่แตกออกเป็นใบเดี่ยวเรียงวนสลับกันบนกิ่งมีขนาดใหญ่สีเขียวเข้มแผ่นใบหนา และเป็นเป็นมันกว้าง 10-12 เซนติเมตร ยาว 15-20 เซนติเมตร ก้านใบจะมีแผ่นใบขนาดเล็กที่เรียกว่า wing ใบจะรูปร่างคล้ายรูปไข่ยาว หรือรูปโล่ ฐานใบแหลมป้าน ปลายใบมน และมีรอยเว้าตรงกลางเป็นรูปหัวใจ ส่วนขอบใบจะมีหยักเล็กๆ ใบด้านบนมีสีเขียวเข้มเป็นมันวาว ส่วนแผ่นใบด้านล่างเป็นสีเขียวอ่อน และมีขนนุ่มปกคลุม

3) ดอก ออกเป็นช่อหรือออกเป็นดอกเดี่ยว แทงออกบริเวณปลายของกิ่งอ่อน ประกอบด้วยช่อดอกที่เกิดบริเวณปลายยอด และตายอดด้านข้าง แต่ละช่อมีดอก 1-20 ดอก มีขนาดใหญ่เป็นดอกสมบูรณ์เพศที่ผสมเกสรในดอกตัวเองแต่ละดอกมีขนาด 3-7 เซนติเมตร ประกอบด้วยกลีบเลี้ยงที่ฐานดอก 3-5 กลีบ ส่วนกลีบดอกมีสีขาว กลีบดอกมีรูปหอก จำนวน 4-5 กลีบ กว้างประมาณ 1.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 3.5-4.0 เซนติเมตร แผ่นกลีบดอกหนา ด้านในกลีบดอกมีเกสรตัวผู้จำนวน 20-25 อัน เรียงซ้อนกันเป็นวงกลมรอบรังไข่ และมีฐานเกสรเชื่อมติดกันเป็นกลุ่ม 4-5 กลุ่ม ส่วนด้านในสุดเป็นรังไข่ที่แบ่งเป็นช่องๆ 11-16 ช่อง ทั้งนี้ ดอกส้มโอจะบานจากดอกส่วนปลายก่อน และทยอยบานในดอกโคน ช่อดอกส้มโอจะเริ่มออกเมื่อปลูกได้ประมาณ 4 ปี และให้ผลผลิตนานกว่า 10-20 ปี โดยจะเริ่มออกดอกตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน-มีนาคม และออกดอกมากที่สุดในช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ หลังจากนั้นจะติดผล และเก็บผลได้หลังจากดอกบานประมาณ 8 เดือน หรือจะอยู่ในช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายน ทั้งนี้ ส้มโอพันธุ์ขาวทองดีจะให้ผลสุกช้ากว่าพันธุ์ขาวพวง ซึ่งจะเก็บผลได้ประมาณเดือนกันยายน-ตุลาคม

4) ผล มีรูปร่างค่อนข้างกลม บางพันธุ์มีขั้วผลเรียวแหลม ผลมีขนาดใหญ่ ขนาดผลประมาณ 10-13 เซนติเมตร ผลอ่อนมีสีเขียว ผลสุกมีสีเขียวอมเหลืองหรือสีเหลืองทองตามสายพันธุ์

เปลือกหนาประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร แบ่งออกเป็น 3 ชั้น ประกอบด้วยชั้นนอกสุด เรียกว่า flavedo มีสีเขียวอมเหลือง มีต่อมน้ำมันจำนวนมาก ชั้นต่อมา เรียกว่า albedo เป็นส่วนที่เป็นเนื้อเยื่ออ่อนนุ่ม สีขาวที่มีความหนามาก และชั้นที่สามเป็นเนื้อเยื่อของพูที่หุ้มรอบเนื้อผล ส่วนเนื้อผลแบ่งออกเป็นกลีบๆ เรียงติดกันเป็นวงกลมแกะแยกออกจากกันง่าย เรียกกลีบเนื้อผลว่า juice sac ภายในกลีบจะฉ่ำด้วยน้ำที่ให้รสหวานหรือหวานอมเปรี้ยว

5) เมล็ด เมล็ดส้มโอเป็นผลไม้ที่มีเมล็ดค่อนข้างน้อย แต่บางพันธุ์มีเมล็ดมาก เมล็ดรวมกันอยู่ตรงแกนกลางของผล มีจำนวนตั้งแต่ 0-265 เมล็ด/ผล เมล็ดมีทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก เมล็ดมีรูปร่างแบนและผิวย่น เปลือกเมล็ดมีสีเขียวอมเหลืองและเป็นร่องลึก ขนาดเมล็ดกว้าง 0.6-1.2 เซนติเมตร (วิษณุ อุทโยภาศ, 2547)

2.1.3 พันธุ์ส้มโอ

แหล่งปลูกส้มโอที่สำคัญในประเทศไทยแต่เดิมมีสองแหล่งคือ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม เป็นแหล่งกำเนิดของพันธุ์ขาวแป้น และบางปะกอกในเขตธนบุรี เป็นแหล่งกำเนิดของพันธุ์ขาวพวงในปัจจุบัน พันธุ์ส้มโอที่เป็นที่นิยมปลูกทางการค้าได้แก่

1) พันธุ์ทับทิมสยาม เนื้อสีแดงเข้ม รสชาติหวาน มีกลิ่นหอม เนื้อนุ่ม เปลือกบางสีเขียวเข้ม มีขนอ่อนปกคลุมทั่วผล ปลูกมากที่จังหวัดนครศรีธรรมราช
2) พันธุ์ทองดี ผลโต กลมแป้น ไม่มีจุก ที่ขั้วมีจีบเล็กน้อย รสหวาน ฉ่ำน้ำ เนื้อสีชมพู เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกที่จังหวัดนครปฐม
3) พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ผลใหญ่ กลมสูง ก้นเรียบพันธุ์ขาวใหญ่ เนื้อเป็นสีครีมอ่อน นิยมปลูกที่จังหวัดสมุทรสงคราม
4) พันธุ์ขาวพวง ผลกลม มีจุกสูง ผิวเรียบ สีเปลือกเขียวอ่อนอมเหลือง มีเมล็ดน้อย เป็นพันธุ์ดั้งเดิม พันธุ์ขาวแตงกวา ผลขนาดกลางกลมแป้น เปลือกบาง เนื้อสีขาว นิยมปลูกที่จังหวัดชัยนาท และอยู่ในคำขวัญประจำจังหวัดพันธุ์ท่าข่อย เป็นพันธุ์ที่ปลูกมากที่จังหวัดพิจิตรพันธุ์ปัตตาเวีย ปลูกมากทางภาคใต้

2.1.4 การปลูกส้มโอ

การปลูกส้มโอทำได้ด้วยวิธีเพาะเมล็ด การติดตา การตอน และการเสียบกิ่ง แต่ทั่วไปนิยมปลูกจากต้นพันธุ์ที่ได้จากการตอนหรือการเสียบกิ่ง เพราะจะได้ต้นที่ไม่สูง และได้ผลส้มโอตามพันธุ์ดั้งเดิมที่ต้องการ

1) การเตรียมพื้นที่ปลูก โดยพื้นที่ปลูกบนที่น้ำไม่ท่วมง่ายสามารถไถพรวนดินเป็นแปลงให้สม่ำเสมอทั่วไปได้เลย ส่วนพื้นที่น้ำท่วมง่าย เช่น จังหวัดในทางภาคกลาง มักขุดยกร่องแปลงเป็นแนวยาวให้สูงขึ้น ขนาดสันร่องปลูกกว้างประมาณ 6-7 เมตร และเป็นร่องน้ำกว้างประมาณ 1-1.50 เมตร ลึกประมาณ 1 เมตร พร้อมกับทำคันกั้นน้ำรอบสวน

2) การเตรียมหลุมและวิธีการปลูก โดยขุดหลุมปลูก ขนาดประมาณ 50 เซนติเมตร พร้อมตากดินที่ขุดหลุมปลูกขึ้นมา 10-14 วัน ส่วนระยะหลุมประมาณ 6-8 x 6-8 เมตร แต่ส่วนมากนิยมในระยะ 7x7 เมตร ทั้งนี้ 1 ไร่ จะปลูกส้มโอได้ประมาณ 25-40 ต้น หลังจากที่ตากดินแล้วให้นำดินที่เกลี่ยแล้วลงหลุมพร้อมโรยปุ๋ยคอกหรือวัสดุอินทรีย์คลุกผสมให้เข้ากันก่อนนำต้นพันธุ์ลงปลูกโดยให้ระดับดินในหลุมสูงกว่าระดับดินเดิมเล็กน้อยและโรยปิดด้วยฟางข้าวหรือเศษใบไม้ จากนั้นนำไม้หลักปักและผูกรัดต้นพันธุ์ป้องกันไม่ให้ต้นโยกหรือโน้มเอียงนอกจากการขุดหลุมปลูกแล้วเกษตรกรบางที่มักนิยมปลูกด้วยการพูนหรือกองดินเป็นกองขึ้นเหนือพื้นดินประมาณ 20 เซนติเมตร ขนาดกองประมาณ 40 เซนติเมตร แล้วค่อยนำต้นพันธุ์ลงปลูกตรงกลางกองดิน

3) การให้น้ำ โดยการให้น้ำในช่วงหลังการปลูกก่อนติดผลและระยะบำรุงต้นจะต้องให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ แต่ช่วงก่อนออกดอกจะต้องให้น้ำน้อยลงและหลังจากที่แทงช่อดอกและติดผลจะต้องให้น้ำเพิ่มขึ้น ในฤดูแล้งจะมีความถี่การให้น้ำประมาณ 7 วัน/ครั้ง ด้วยระบบน้ำหยดหรือสปริงเกอร์ ส่วนฤดูฝนให้ปล่อยรับน้ำฝนตามธรรมชาติ

4) การใส่ปุ๋ย สำหรับการใส่ปุ๋ยของส้มโอจะแบ่งเป็นช่วง ๆ ดังนี้

– ระยะอายุ 1-3 ปี ให้ใส่ปุ๋ยคอกหรือเศษวัสดุอินทรีย์อัตรา 1 กิโลกรัม/ต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 200 กรัม/ต้น โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง/ปี

– ระยะบำรุงต้นก่อนปล่อยให้ติดผลในปีที่ 4 ของช่วงเดือนตุลาคม ใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตรา 1-2 กิโลกรัม/ต้น

– ระยะเร่งสร้างดอกและบำรุงดอก ในช่วงเดือนธันวาคม ใช้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 หรือสูตรที่ให้ฟอสฟอรัสสูง

– ระยะผลอ่อน ในเดือนมีนาคมถึงเมษายน ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 หรือใช้สูตรที่ให้โพแทสเซียมสูงเหมือนกับระยะบำรุงผล

– ระยะบำรุงผล ในช่วงเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม ใช้ปุ๋ยสูตร 12-12-24 หรือสูตรที่ให้โพแทสเซียมสูง

5) การบังคับให้ออกดอก จะเริ่มจากการงดให้น้ำ 25-30 วัน จนใบเริ่มเหี่ยวเฉาแล้วจึงกลับมาให้น้ำอย่างเต็มที่เหมือนเดิม 7-15 วัน ใบส้มโอจะเริ่มร่วง พร้อมแตกใบใหม่ และออกดอก

6) การกำจัดวัชพืช ในช่วยการปลูก 1-2 ปีแรก จำเป็นต้องกำจัดวัชพืชให้อย่างต่อเนื่องอย่างน้อย 2 เดือน/ครั้ง ด้วยวิธีการไถพรวนดิน ร่วมกับการใช้จอบถากกำจัดวัชพืชรอบโคนต้น แต่เกษตรกรบางรายมักใช้สารเคมีฉีดพ่น แต่ไม่แนะนำ โดยสารเคมีที่ใช้มักเป็นสารฆ่าหญ้าล้มลุกปีเดียว ให้ใช้สารในกลุ่มพาราควอต ซึ่งต้องระวังอย่างให้ละอองสารเคมีสัมผัสกับใบ เพราะสารชนิดนี้จะทำลายพืชทุกชนิดที่มีสีเขียว ละอองยาจะไปถูกกับใบส้มเพราะจะทำให้ใบส้มเสียหาย ส่วนหญ้าที่มีอายุมากกว่า 1 ปี เช่น หญ้าคา ให้ใช้สารในกลุ่มไกรโฟเสทฉีดพ่น (ทวีศักดิ์ ด้วงทอง, 2547)

2.1.5 การเก็บเกี่ยว

ส้มโอมักจะติดผลผลิตเมื่อปลูกแล้วประมาณ 3-4 ปี โดยจะเก็บผลได้หลังจากดอกบานแล้วประมาณ 8 เดือน แต่สามารถเก็บผลได้ตั้งแต่อายุมากกว่า 7 เดือน ทั้งนี้ หากต้นส้มโอออกดอกและติดผลมากจะทำการเด็ดดอกและผลทิ้งตามอายุของต้น และขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของต้น ดังนี้

1) ส้มโออายุ 4 ปี จะปล่อยให้ติดผลประมาณ 10-15 ผล/ต้น
2) ส้มโออายุ 5 ปี จะปล่อยให้ติดผลประมาณ 20-30 ผล
3) ส้มโออายุ 6 ปี จะปล่อยให้ติดผลประมาณ 30-50 ผล
4) ส้มโออายุ 10 ปี ขึ้นไป จะปล่อยให้ติดผลประมาณ 100-120 ผล

ในส่วนของการเก็บเกี่ยวส้มโอเกษตรกรจะนับเวลาหลังติดผลหรือใช้การสังเกตลักษณะและสีของผล ดังนี้

1) เปลือกผลส้มโอมีสีเหลืองอมเขียวหรือเป็นสีเขียวอ่อน
2) จุดสีน้ำตาลหรือจุดของต่อมน้ำมันบริเวณก้นผลจะห่างกัน
3) ก้นผลจะมีลักษณะนิ่มนวลและเมื่อใช้มือกดก้นผลจะรู้สึกนิ่ม
4) เมื่อทำให้เกิดรอยแผลที่ผิวผล และสูดดมจะได้กลิ่นฉุนน้อยมาก

การเก็บผลส้มโอบนกิ่งต่ำ เกษตรกรจะใช้กรรไกรตัดผลได้เลย แต่หากผลบนกิ่งสูง เกษตรกรจะใช้กรรไกรด้ามยาวตัดก้านขั้วผล ซึ่งอาจปีนต้นหรือใช้บันไดช่วย พร้อมใช้ถุงผ้าคอยรับด้านล่างรองรับเพื่อป้องกันผลตกกระแทกกับพื้นดินหลังจากที่เก็บผลส้มโอมาแล้ว หากผลมีการเปื้อนดินหรือมีรอยตำหนิอื่นติดให้ล้างทำความสะอาดออก หลังจากนั้น อาจใช้สารเคลือบผิวเคลือบผลก็ได้ และหากเก็บก่อนการสุกเล็กน้อย แล้วนำมากผึ่ง 1-2 อาทิตย์ก่อนจำหน่ายจะช่วยให้เนื้อส้มโอมีรสฉ่ำหวานมากขึ้น (ทวีศักดิ์ ด้วงทอง, 2547)

2.1.6 สำหรับประโยชน์ของส้มโอตามความเป็นไปของ (ลมุด รัตตากร, 2552) **มีรายละเอียดดังนี้**

1) วิตามินซีช่วยป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟันและกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน
2) วิตามินบี 1 ช่วยในการย่อยอาหาร เสริมสร้างการทำงานของกล้ามเนื้อและหัวใจ
3) วิตามินบี 2 ป้องกันไขมันอุดตันในเส้นเลือด
4) โพแทสเซียมที่ดีต่อการทำงานของหัวใจและกล้ามเนื้อ
5) โฟเลตที่ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจและป้องกันความผิดปกติของทารกในครรภ์
6) สารลิโมนอยด์ (Limonoid) ช่วยล้างพิษและสามารถยับยั้งการเจริญของเนื้องอกและเซลล์มะเร็งได้
7) แคลเซียมช่วยให้กระดูกและฟันแข็งแรง
8) สารเบตาแคโรทีนซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีต่อสายตา

2.2 การผลิตถ่านอัดแท่ง

อดีตประชาชนในชนบทนิยมใช้ถ่านไม้ที่มาจากการนำไม้ฟืนมาเผาเป็นถ่าน แต่ด้วยพระอัจฉริยภาพอันก้าวไกลของพระบาทสมเด็จพระปรมินทร์มหาภูมิพลอดุลยเดช (รัชกาลที่9) ทรงมีพระราชดำริให้วิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนในแต่ละด้านรวมถึงการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ เช่น กะลามะพร้าว และต่อมาได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการนำวัสดุเหลือใช้มาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งมากมาย เช่น แกลบ ฟางข้าวโพด เปลือกมังคุด ผักตบชวา ชานอ้อย เปลือกทุเรียน และเหง้ามันสำปะหลัง เป็นต้น (กรมพัฒนาและการส่งเสริมพลังงาน, 2535) ซึ่งถ่านอัดแท่งที่ผลิตมาจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มปรุงอาหารแทนการใช้ถ่านไม้ ทั้งยังเป็นตัวช่วยในการสร้างรายได้เสริมและการใช้เศษวัสดุเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์และยังช่วยลดในเรื่องการตัดไม้ทำลายป่าเพราะถ่านอัดแท่งไม่มีกลิ่น ไม่มีควัน ไม่มีการแตกประทุ ติดไฟนาน และให้ความร้อนสูง (เด่นนภา จงใจ, 2544)

2.2.1 กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง

กระบวนการในการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ต่างๆ ที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจะต้องผ่านการแปรรูปโดยกระบวนการต่างๆ ให้เหมาะสมก่อนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การเผาถ่าน

เป็นการนำไม้ที่ได้จากการเผาไหม้ภายในบริเวณที่มีอากาศอยู่เบาบางหรือกระบวนการแยกสารอินทรีย์ภายในไม้ในสภาวะที่มีอากาศอยู่น้อยมาก เมื่อมีการให้ความร้อนระหว่างกระบวนการจะช่วยกำจัดน้ำ น้ำมันดิน และสารประกอบอื่นๆ ออกจากไม้ ซึ่งถ่านที่ได้หลังการผลิตจะมีปริมาณของคาร์บอนสูงและไม่มีความชื้น ทำให้ปริมาณพลังงานในถ่านสูง โดยมีค่าเป็นสองเท่าของปริมาณพลังงานในไม้แห้ง สำหรับกระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปเป็นถ่านเรียกว่า carbonization ซึ่งสามารถแยกกระบวนการดังกล่าวออกได้เป็น 4 ขั้นตอน

- การเผาไหม้ (combustion) เป็นกระบวนการที่ต้องการปริมาณออกซิเจนจำนวนมากระหว่างการเกิดคาร์บอนไนเซชัน โดยให้ความร้อนกับวัสดุภายในเตาเผา

- ดูดความร้อน เพื่อไล่ความชื้นออกจากเนื้อวัสดุใช้อุณหภูมิจนถึง 270 องศาเซลเซียส ความชื้นจะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งหมดไป ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณไอน้ำสีขาวที่เกิดขึ้นจนหนาทึบ

- คายความร้อน โดยเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิ 250-300 องศาเซลเซียส ในระหว่างปฏิกิริยาคายความร้อนจะมีการเกิดก๊าซต่างๆ ส่วนใหญ่เป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และนอกจากนี้ยังเกิดการดอซิติล เมทิลแอลกอฮอล์ และสารพวกน้ำมันดิน ในขั้นตอนนี้องค์ประกอบที่ระเหยได้ที่ยังคงอยู่ในกระบวนการจะถูกขับออกไป ซึ่งจะทำให้ปริมาณคาร์บอนของถ่านเพิ่มขึ้น

- เป็นการนำผลิตภัณฑ์ถ่านมาทำให้เย็น ซึ่งจะใช้เวลาหลายชั่วโมงขึ้นอยู่กับชนิดของเตาเผาที่ใช้ในการผลิต คุณภาพของถ่านที่ผู้ใช้ยอมรับได้ คือ ต้องมีปริมาณคาร์บอนคงตัว เปอร์เซ็นต์สารระเหยได้ต้องน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ขี้เถ้าประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ และความหนาแน่นประมาณ 0.25-0.30 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งถ่านจะมีคุณสมบัติเปราะปานกลาง (กัญญา เม้ามีทรัพย์, 2544)

2) การบดย่อย (Grinding) ลักษณะผงถ่านที่นำมาใช้ในการอัดแท่งจะต้องละเอียดพอที่จะนำไปขึ้นรูปได้ดี โดยขนาดของผงถ่านที่ใช้นั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของถ่าน และวิธีการทำผงถ่านให้เป็นแท่ง วิธีการบดย่อยสามารถทำได้หลายวิธีไม่ว่าจะเป็นการใช้เครื่องบด เครื่องสับ และเครื่องปั่นวัสดุ หรือวิธีที่ง่ายที่สุดก็คือการบดด้วยมือโดยอาจใช้ครก และสากเป็นอุปกรณ์ซึ่งวิธีนี้ต้องการแรงงานมาก และใช้เวลานาน (ธารินี มหายศนันท์, 2548)

3) ตัวประสาน คือ วัสดุที่ทำให้ผงถ่านยึดติดกัน ตัวประสานที่นิยมใช้ในการทำถ่านอัดแท่ง คือ แป้งมันสำปะหลัง ซึ่งทำจากมันสำปะหลัง มีลักษณะเป็นผงสีขาว โดยจะอยู่ในรูปของกาวแป้งเปียก โดยการนำแป้งมันสำปะหลังมาผสมกับน้ำแล้วนำไปให้ความร้อนคนจนเป็นสีใสเป็นกาวแป้งเปียกทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาใช้งาน กาวแป้งเปียกที่ทำมาจากแป้งมันสำปะหลัง หาได้ง่าย ไม่มีความเป็นพิษ ราคาถูก ให้ค่าความร้อนสูง (เจริญศักดิ์ โรจน์ฤทธิ์เชษฐ์, 2550)

4) การผสม เป็นขั้นตอนการนำผงถ่านที่ผ่านการบดแล้วผสมกับตัวประสานเพื่อให้ผงถ่านยึดติดกัน พร้อมสำหรับการอัดเป็นแท่ง ซึ่งอัตราส่วนระหว่างผงถ่านกับตัวประสานเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง (ธารินี มหายศนันท์, 2548)

5) การอัดแท่ง หลักการผลิตถ่านอัดแท่งมี 2 วิธี คือ

- การอัดร้อน เป็นการอัดวัสดุโดยที่วัสดุไม่จำเป็นต้องเป็นถ่านมาก่อน เมื่ออัดเป็นแท่งเสร็จแล้ว ค่อยนำเข้าเตาให้เป็นถ่านอีกครั้งหนึ่ง วัสดุที่สามารถผลิตโดยวิธีการอัดร้อน มี 2 ชนิด คือ แกลบ และขี้เลื้อย เพราะวัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้เมื่อโดนอัดด้วยความร้อน จะมีสารในเนื้อของวัสดุยึดตัวมันเอง จึงทำให้สามารถยึดเกาะเป็นแท่งได้ โดยที่ไม่ต้องใช้ตัวประสาน โดยที่เครื่องอัดต้องเป็นเครื่องอัดชนิดอัดร้อน ซึ่งราคาค่อนข้างสูง

- การอัดเย็น เป็นการอัดวัสดุที่เผาถ่านมาแล้ว แล้วนำมาผสมกับแป้งมันสำปะหลังหรือวัสดุประสานอื่นๆ โดยทั่วไปจะเป็นจะเป็นแป้งมันสำปะหลัง ถ้าวัสดุใดมีขนาดใหญ่ เช่น กะลามะพร้าว เมื่อผ่านการเผาแล้ว ต้องมีเครื่องบดให้ละเอียดก่อน แล้วค่อยนำมาผสมกับแป้งมันสำปะหลัง และน้ำในอัตราส่วนตามที่ต้องการ (เอกพงศ์ มุสิกะเจริญ, 2554)

6) การตากแห้ง เนื่องจากเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ยังมีปริมาณความชื้นสูง จึงต้องนำไปตากให้แห้งเพื่อเป็นการลดความชื้น และเพื่อทำให้เชื้อเพลิงแข็งตัวเกาะกันแน่น ซึ่งวิธีที่ง่ายและถูกที่สุด สำหรับการทำให้แห้งก็คือการนำไปผึ่งแดดจนกว่าถ่านจะแห้งสนิท (ธารินี มหายศนันท์. 2548)

2.2.2 ข้อดีข้อเสียของถ่านอัดแท่ง

ข้อดี

1) มีขนาดและรูปร่างแบบเดียวกัน สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้อย่างสะดวกและใช้ได้ง่าย
2) สมบัติทางกายภาพ มีความร้อนที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือนได้
3) ปราศจากมลภาวะ ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมมลภาวะที่มีราคาสูง
4) มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์
5) สะดวกต่อการเก็บและนำมาใช้งาน

ข้อเสีย

1) คุณสมบัติการเผาไหม้ยังไม่เป็นที่ต้องการ เช่น เมื่อถูกน้ำหรืออากาศที่ชื้นสูง

2) การอัดแท่งใช้แรงอัดสูง เป็นต้นเหตุหนึ่งที่ทำให้กระบอกอัดและสกรูสึกหรอได้ง่าย จากการขัดสี

2.3 สมบัติเฉพาะตัวของถ่านอัดแท่ง

2.3.1 สมบัติทั่วไปของถ่านอัดแท่ง (ณัฐวุฒิ อุตมหาราช, 2549)

สำหรับสมบัติโดยทั่วไปของถ่านอัดแท่งที่ใช้กันทั่วไปมีดังนี้

1) ให้ความร้อนสูง เนื่องจากเป็นถ่านที่ได้รับการเผาไหม้เต็มที่สามารถใช้งานได้นานกว่าถ่านไม้ธรรมดาถึง 2.5 – 3 เท่า

2) ประหยัด เพราะใช้ได้นาน ไม่แตก และไม่ดับเมื่อติดแล้ว ทำให้ไม่มีการเสียเปล่าเนื่องจากถ่านจะเผาไหม้จนกว่าจะกลายเป็นขี้เถ้า

3) ไม่แตกประทุอย่างถ่านไม้ทั่วไป

4) ไม่มีควัน เนื่องจากความชื้นน้อยมาก

5) ไม่มีกลิ่น เพราะผลิตจากวัสดุธรรมชาติ 100% ไม่ผสมสารเคมีใดๆ

6) ไม่ดับกลางคัน แม้ว่าจะใช้ในที่ที่อากาศถ่ายเทน้อย ทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนถ่านบ่อยๆ

7) ให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอ ไม่วูบวาบ

8) มีความแข็งสูงจะช่วยลดการแตกหักหรือเป็นผง ทำให้สะดวกต่อการใช้การขนส่งและการเก็บรักษา

2.3.2 สมบัติหรือข้อกำหนดตามมาตรฐาน

การทดสอบสมบัติทางเชื้อเพลิง วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553) ดังนี้

1) ปริมาณความชื้น (Moisture Content) คือ ปริมาณความชื้นต่อปริมาณของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งอบแห้ง ความชื้นมีผลทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งลดลง และทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งแตกร่วนได้ง่าย

2) ปริมาณเถ้า (Ash Content) คือ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาปภายในเตาเผาที่มีอุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วย ซิลิกา แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์

3) สารที่ระเหยได้ (Volatile Matters) ปริมาณสารระเหย คือ ส่วนของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งหลังจากที่ระเหยได้ ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน ออกซิเจนและโฮโดรเจน

4) คาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) คือ มวลของคาร์บอนที่เหลือในเชื้อเพลิงอัดแท่งหลังจากที่เอาสารระเหยออกไปแล้วที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส

5) ค่าความร้อน (Calorific Value or Heating Value) ค่าความร้อนของ การสันดาปจะขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิงอัดแท่ง (ประลอง ดารงไทย, ออนไลน์. 2550)

2.3.3 สมบัติเฉพาะตัว

ค่าความร้อน (Heating Value) นำไปจัดแบ่งคุณภาพของเชื้อเพลิง นอกจากนี้ ยังเป็นตัวแปรสำคัญที่จะบ่งชี้ปริมาณความร้อนที่ปล่อยออกมา ถ่านอัดแท่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่งกำหนดให้มีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม และค่าความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเป็นตัวชี้สมบัติของเชื้อเพลิงอย่างหนึ่ง เชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูงถือว่าเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพดี เช่น ถ่านที่มีค่าความร้อนสูง ถือว่าเป็นถ่านที่มีคุณภาพดี แต่สำหรับการใช้ถ่านในการหุงต้มในครัวเรือนนั้น ถ่านที่ถือว่ามีคุณภาพดีที่สุดนั้นไม่จำเป็นต้องเป็นถ่านที่มีค่าความร้อนสูงสุด แต่ต้องมีสมบัติที่ดีของถ่านทางด้านอื่น ๆ ด้วย (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ออนไลน์), 2547) ดังนี้

1) น้ำหนักถ่าน ถ่านหนักจะลุกไหม้ให้ความร้อนแรงได้นาน

2) ควัน ถ่านที่มีคุณภาพดีไม่ควรจะมีควัน และกลิ่นฉุนในขณะลุกไหม้

3) ความแข็งแรง ถ่านที่มีความแข็งสูงจะช่วยลดการแตกหักหรือป่นเป็นผง ทำให้สะดวกต่อการใช้ การขนส่งและการเก็บรักษา

4) การแตกปะทุขณะติดไฟ ถ่านที่แตกปะทุขณะติดไฟผู้ใช้จะไม่ชอบ ไม่นิยมใช้ ดังนั้นถ่านที่มีคุณภาพดีจะไม่มีการแตกปะทุเลย หรือมีการแตกปะทุเล็กน้อยในช่วงนาทีแรกที่ติดไฟ

คุณสมบัติของถ่านอัดแท่งที่ดี สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ข้อหลักๆ ข้อแรก คือ คุณสมบัติด้านการจัดการ หมายถึง ถ่านอัดที่ได้ไม่ควรร่วน หรือแตกแยกออกเป็นส่วนๆ ในระหว่างการจัดการเก็บรักษาและการเคลื่อนย้าย และข้อที่ 2 คือ คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง โดยจะเกี่ยวเนื่องกับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ รูปร่างและความหนาแน่นที่ได้ ซึ่งในการปรับปรุงคุณสมบัติด้านการจัดการโดยเพิ่มความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง จะมีผลกระทบต่อคุณสมบัติการเผาไหม้ด้วย

2.4 งานวิจัยเกี่ยวข้อง

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำวัสดุเหลือใช้จากทางการเกษตรมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง มีรายละเอียดดังแสดงใน**ตารางที่ 2.4-1**

ตารางที่ 2.4-1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง

วิจัย	ผลการศึกษา	อ้างอิง
1) การศึกษาวิจัยพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน	การศึกษาโดยการนำเปลือกทุเรียนที่เหลือทิ้ง มาสับด้วยเครื่องหันย่อยซากพืชให้มีขนาดประมาณ 8 มิลลิเมตร นำไปตากแดดให้มีความชื้นพอเหมาะต่อการอัดแท่งทั้งสองแบบแล้วนำไปอัดแท่งเชื้อเพลิงทั้งชนิดแบบอัดร้อนและอัดเย็นนำแท่งเชื้อเพลิงแข็งมาวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนจากการอัดแท่งทั้งชนิดอัดร้อนและอัดเย็นของทุเรียนทั้งสองสายพันธุ์ จะมีปริมาณขี้เถ้า (Ash Content) และสารละเหย (Volatile Matters) ใกล้เคียงกันคือร้อยละ 5.5–8.0 และ72.4–81 1 สำหรับค่าคาร์บอนเสถียร (Fixed Carbon) ของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดร้อน มีค่าเท่ากับร้อยละ10.2 และ 7.2 สำหรับเปลือกทุเรียนของสายพันธุ์ชะนีและหมอนทอง ซึ่งจะสูงกว่าค่าคาร์บอนเสถียรของการอัดเย็นที่ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง ร้อยละ 4.3 -7.6 ในด้านค่าความร้อนของเปลือกทุเรียนอัดแท่งทั้งแบบอัดร้อนและอัดเย็น อยู่ระหว่าง 3,609 – 3,844 แคลอรี/กรัมโดยแท่งเชื้อเพลิงแบบอัดร้อนจะให้ค่าความร้อนสูงกว่าแบบอัดเย็นเล็กน้อย ค่าความหนาแน่นของเปลือกทุเรียนอัดแท่งแบบอัดร้อนจะมีค่า 2.9 และ3.2กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ทั้งสองสายพันธุ์มีค่าการทนแรงอัดต่ำ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง5.5–12.2 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ค่าการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้พบว่าการอัดร้อนจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าสูง คือมีค่าระหว่าง 0.440–0.456 กิโลวัตต์/กิโลกรัม ในขณะที่การอัดเย็นจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเพียง 0.050ถึง0.069 กิโลวัตต์/กิโลกรัม โดยทั่วไปเปลือกทุเรียนจะสามารถนำมาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงเพื่อใช้เป็นพลังงานความร้อนในครัวเรือนแทนฟืนและถ่านจากไม้ได้	ธัญญรัตน์ อินทร์เจริญ (2549)

ตารางที่ 2.4-1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง (ต่อ)

วิจัย	ผลการศึกษา	อ้างอิง
2) การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ของยางพารา	โดยทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ของยางพาราซึ่งงานวิจัยนี้ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากไม้ยางพาราและเปลือกนอกของเมล็ดยางพาราที่ให้ค่าพลังงานเชื้อเพลิงมากที่สุด ทำการทดลองโดยนำถ่านจากไม้ยางพารามาผสมกับถ่านจากเปลือกนอกของเมล็ดยางพาราในอัตราส่วนต่างๆกัน โดยใช้ตัวประสาน 2 ชนิด คือ ถ่านที่ใช้น้ำแป้งสุกเป็นตัวประสาน (A1 – A11) และถ่านที่ใช้ดินเหนียวละลายนำเป็นตัวประสาน (B1 – B11) เมื่อนำไปหาค่าพลังงานความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์พบว่า ถ่านสูตร A1 (ไม้ยางพารา) และถ่านสูตร B11(เปลือกนอกของเมล็ดยางพารา) มีค่าพลังงานความร้อนมากที่สุดและน้อยที่สุด คือ 4666.66 และ 3119.12 cal/g ตามลำดับ	พรรณรัตน์ เกิดภาคี, ภารดี ก่อวุฒิกุลรังสี และอัคคณิต คามเกตุ (2549)
3) การศึกษาพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	โดยศึกษาพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์พบว่าเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สามารถนำมาเผาด้วยเตาเผาแบบอังโล่ เตาเผาแบบอุณหภูมิสูง และเตาเผาแบบแผ่นเหล็กได้ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์คงรูปร่างลักษณะเดิม นำมาเข้าเครื่องบดละเอียดได้เป็นผงถ่าน ผสมผงถ่านกับแป้งมันในอัตราส่วน 5:1 (โดยละลายแป้งมันในน้ำร้อน 1ลิตร จนเป็นกาวแป้งเปียก) ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน นำมาเข้าเครื่องอัดแท่งด้วยเครื่องอัดมือ ได้แท่งเชื้อเพลิงคงรูปไม่แตกหักเมื่อนำไปตากแดดจนแห้งสนิทแล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิง พบว่าเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงในครัวเรือน	สังเวย เสวกวิหา (2553)

ตารางที่ 2.4-1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง (ต่อ)

วิจัย	ผลการศึกษา	อ้างอิง
4) การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุชีวมวล	โดยศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุชีวมวล การทดลองนำเศษวัสดุชีวมวล คือ เปลือกกล้วยน้ำว้าพบว่าเมื่อนำเปลือกกล้วยน้ำว้ามาเผาเป็นถ่านด้วยเตาเผาเดี่ยวมีเปอร์เซ็นผลผลิตถ่านเฉลี่ย 17:13เปอร์เซ็น และมีพลังงานความร้อนเฉลี่ย 6771.16 แคลอรีต่อกรัม โดยใช้เปลือกกล้วยสับ 200 กรัม ผสมกับกาวแป้งมันสำปะหลังที่มีความเข้มข้นของแป้งต่อน้ำโดยน้ำหนักเท่ากับ 3,5,8 และ10 เปอร์เซ็น พบว่าทุกความระดับความเข้มข้นของกาวสามารถอัดแท่งได้อัตราส่วนที่ให้ ถ่านอัดแท่งที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดคืออัตราส่วนที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง10 เปอร์เซ็น ถึงถ่านอัดแท่งมีค่างานที่ได้ 1.85 ประสิทธิภาพการใช้งาน 24.76 เปอร์เซ็น อัตราการเผาไหม้ 6.64 กรัมต่อนาที และพลังงานความร้อนเฉลี่ย 5718.25 แคลอรีต่อกรัม	ลักษมี สุทธิวิไลรัตน์ (2545)
5) เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกอุตสาหกรรมผลิตเอธานอลและชีวมวล	โดยศึกษาเชื้อเพลิงอัดแทงจากตะกอนเปียกอุตสาหกรรมผลิตเอธานอลและชีวมวลงาน วิจัยนี้ได้นำเปลือกมังคุดและเปลือกทุเรียน เข้ามาผสมร่วมเพื่อเพิ่มคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งใน 5 อัตราส่วน ดังนี้ 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 และ 5:5 ทั้งเปลือกมังคุดและเปลือกทุเรียนรวม 10 ตัวอย่าง พบว่า อัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดโดยที่มีกากตะกอนเปียกเป็นตัวผสมหลักคือ5:5 ทั้งเปลือกมังคุดหรือเปลือกทุเรียนทั้ง 2 ตัวอย่าง มีค่าความร้อนและปริมาณคาร์บอนคงตัวเพิ่มมากขึ้นแปรผันตรงตามอัตราส่วนผสมของชีวมวลที่เพิ่มขึ้นและยังทำให้ปริมาณเถ้าและสารระเหยน้อยลงตามลำดับ โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุดในอัตราส่วน 5 : 5 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนมากที่สุด คือ 4,665 cal/g และมีสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงดีที่สุดและสามารถคืนทุนในระยะเวลาอันสั้น	เอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร (2556)

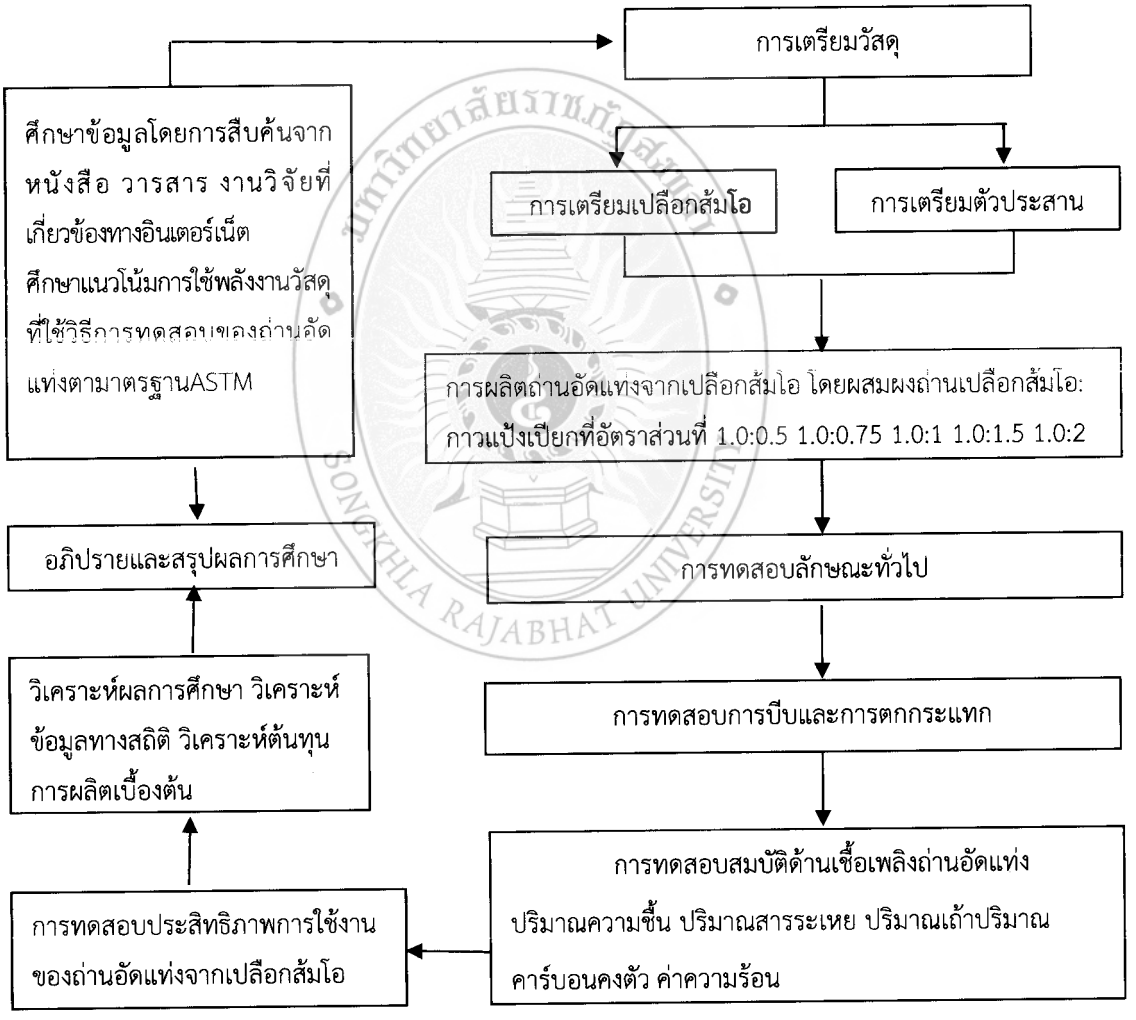
จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเห็นได้ว่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น เปลือกทุเรียน วัสดุเหลือใช้ของยางพารา เปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ วัสดุชีวมวล และตะกอนเปียกอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลและชีวมวล เมื่อนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งสามารถให้คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงที่ดีและสามารถช่วยลดการใช้ถ่านไม้และช่วยแก้ไขปัญหาการกำจัดของเสีย ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจในเปลือกส้มโอซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากสวนผลไม้ในพื้นที่ตำบลเกาะทวด อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช มาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอเพื่อลดปัญหาขยะเหลือทิ้งและเป็นทางเลือกให้กับชาวสวนในพื้นที่ได้นำผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปเป็นถ่านมาใช้แทนก๊าซหุงต้มได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

3.1 กรอบแนวคิดการศึกษา

กรอบแนวคิดการศึกษาเรื่องการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ รายละเอียดแสดงใน**ภาพที่ 3.1-1**



ภาพที่ 3.1-1 กรอบแนวคิดการศึกษา

3.2 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอโดยมีรายละเอียดขอบเขตการวิจัยดังนี้

3.2.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ คือ เปลือกส้มโอ

3.2.2 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา

1) พื้นที่เก็บตัวอย่าง เปลือกส้มโอได้รับความอนุเคราะห์จากร้านขายผลไม้ ตลาดและสวนผลไม้ในพื้นที่ ตำบลเกาะทวด อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

2) สถานที่เผาถ่านและผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ ณ ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน หมู่ที่ 5 ตำบลท่าข้าม อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

3) สถานที่ทดสอบสมบัติและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

3.3 วัตถุดิบ วัสดุ และอุปกรณ์

3.3.1 วัตถุดิบที่ใช้วิจัย

1) เปลือกส้มโอ
2) แป้งมันสำปะหลัง
3) น้ำสะอาด

3.3.2 วัสดุที่ใช้วิจัย

1) หม้ออะลูมิเนียม เบอร์ 20
2) กระสอบ
3) ถาดอะลูมิเนียม
4) เตาเผาถ่าน ขนาด 200 ลิตร
5) ตะแกรงร่อนขนาดรู 1 มิลลิเมตร
6) เตาถ่าน
7) ถังพลาสติก
8) โกร่ง

9) บีกเกอร์

10) ถุงมือกันความร้อน

11) เทอร์โมมิเตอร์

12) แท่งแก้ว

13) ถ้วย Crucible

3.3.3 อุปกรณ์ที่ใช้วิจัย

1) เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (bomb calorimeter) รุ่น C5000 ยี่ห้อ IKA

2) ตู้อบ (hot air oven) รุ่น D-91126Schwabachยี่ห้อ Memmert

3) โถดูดความชื้น (desiccators)

4) เตาเผา (furnace) รุ่น RWF1100 ยี่ห้อ CARBOLITE

5) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (analytical balance) รุ่น AL204 ยี่ห้อ METLER TOLEDO

6) เครื่องอัดถ่านอัดแท่ง (ใช้แรงคน)

3.4 วิธีการวิเคราะห์

การศึกษานี้ประกอบไปด้วย 8 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมวัตถุดิบสำหรับการผลิตถ่านอัดแท่ง การทดสอบค่าความร้อนของวัตถุดิบก่อนนำมาผลิตถ่านอัดแท่ง การเตรียมอัตราส่วนเพื่อผลิตถ่านอัดแท่ง การผลิตถ่านอัดแท่ง การทดสอบลักษณะทั่วไปของถ่านอัดแท่ง การทดสอบการบีบและการตกกระแทกของถ่านอัดแท่ง การทดสอบสมบัติถ่านอัดแท่ง การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานถ่านอัดแท่ง ซึ่งมีภาพประกอบดังแสดงใน**ภาคผนวก ข**

3.4.1 การเตรียมวัตถุดิบสำหรับการผลิตถ่านอัดแท่ง

1) การเตรียมเปลือกส้มโอ เก็บรวบรวมเปลือกส้มโอที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากร้านขายผลไม้ ตลาดและสวนผลไม้ในพื้นที่ ตำบลเกาะทวด อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช และนำเปลือกส้มโอที่ได้มาตากแดดจนแห้งสนิทเป็นเวลา 1 สัปดาห์

2) การเผาเปลือกส้มโอให้เป็นถ่าน (ธเนศ ชัยชนะ, 2559) โดยมี 5 ขั้นตอน ดังนี้

2.1) นำเปลือกส้มโอมาเรียงลงในเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร ทำการปิดฝาเตาให้สนิท

2.2) เริ่มทำการจุดเชื้อเพลิง บริเวณหน้าเตาที่ช่องเชื้อเพลิง โดยจุดไฟอยู่บริเวณปากของช่องเชื้อเพลิง เติมฟืนเรื่อย ๆ ช่วงนี้จะใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

2.3) สังเกตควันที่ปล่องควัน ขณะทำการไล่ความชื้น ควันที่ออกมาจะมีสีขาว ถ้าความชื้นถูกไล่หมด (ประมาณ 2 ชั่วโมง หลังจากจุดเตา) จะเห็นควันที่ปล่องควัน ลักษณะเป็นควันขาวขุ่นปนเทา พุ่งออกมาจำนวนมาก เรียกว่าควันบ้า

2.4) เมื่อเกิดควันบ้าให้หยุดป้อนเชื้อเพลิง หลังจากหยุดการป้อนเชื้อเพลิง หน้าเตาจะต้องควบคุมอากาศโดยการหรี่หน้าเตา ปิดหน้าเตาให้เหลือไว้ประมาณ 1 ใน 4

2.5) หลังจากควันเริ่มใส มีเฉพาะไอร้อนออกจากปล่องควัน ให้ปิดปล่องควันและหน้าเตาทิ้งให้เตาเผาถ่านเย็นตัวลง ประมาณ 3-4 ชั่วโมง หรือทิ้งไว้ค้างคืน ตอนเช้าสามารถ เปิดเตาเก็บถ่านและเผาต่อในครั้งต่อไปได้

3) การเตรียมผงถ่านเปลือกส้มโอ

นำถ่านเปลือกส้มโอที่เผาได้มาบดด้วยโกร่งให้ละเอียดจนเป็นผงถ่าน จากนั่นนำไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร

4) การเตรียมตัวประสาน

โดยเตรียมแป้งมันสำปะหลังและน้ำในสัดส่วน แป้งมันสำปะหลัง 200 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร มาให้ความร้อน และกวนจนมีลักษณะเหนียวข้นเป็นแป้งเปียก (สุไวดา หลังยาหน่าย และเสาวลักษณ์ ลิ่มศรีพุทธิ์, 2560)

3.4.2 การทดสอบค่าความร้อนของวัตถุดิบก่อนนำมาผลิตถ่านอัดแท่ง

ในขั้นตอนนี้จะทำการทดสอบค่าความร้อนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง ได้แก่ ผงถ่านเปลือกส้มโอซึ่งเป็นวัตถุดิบหลัก และแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน โดยทำการทดสอบค่าความร้อนของวัตถุดิบทั้งสองตามมาตรฐาน ASTM D 5865 (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553) โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

1) บดตัวอย่างเชื้อเพลิงจนละเอียดและต้องไม่มีความชื้น นำไปชั่งน้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลประมาณ 1 กรัม โดยใช้กระดาษชั่งสารรองรับตัวอย่าง

2) นำตัวอย่างมาอัดเป็นเม็ดโดยเครื่องอัดเม็ด (Pellet press) และชั่งน้ำหนัก

3) นำตัวอย่างใส่ลงในบอมบ์ โดยวางบนถ้วยบรรจุเชื้อเพลิงและติดตั้งลวดสำหรับจุดระเบิด โดยการติดตั้งลวดจุดระเบิดนั้นต้องให้ลวดสัมผัสตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ

4) เปิดสวิทช์เครื่องบอมบ์แคลอรี่มิเตอร์ทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที ก่อนการทดสอบตัวอย่าง เพื่อให้อุณหภูมิคงที่ตามที่ได้ตั้งค่าไว้

5) นำบอมบ์ที่ใส่ตัวอย่างประกอบเข้ากับฝาล็อคบอมบ์ที่ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ รวมถึงท่อออกซิเจนและไฟฟ้า ใส่หมายเลขตัวอย่างน้ำหนักตัวอย่าง (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ตามลำดับจนครบ กด

start เครื่องจะเริ่มทำงานและหาอุณหภูมิคงที่ หลังจากนั้นจะมีสัญญาณเตือน และเริ่มมีการจุดระเบิด หลังจากมีการจุดระเบิดแล้วประมาณ 3-4 นาที เครื่องจะมีสัญญาณเตือน อีกครั้งซึ่งค่าความร้อนจะปรากฏขึ้นมาบนจอแสดงผล

3.4.3 การเตรียมอัตราส่วนเพื่อผลิตถ่านอัดแท่ง

นำผงถ่านเปลือกส้มโอผสมกับตัวประสานที่เตรียมไว้ผสมตามอัตราส่วนต่างๆ รายละเอียดแสดงใน**ตารางที่ 3.4-1** โดยการผสมด้วยมือ (สุไวดา หลังยาหน่าย และเสาวลักษณ์ ลิ่มศรีพุทธิ์, 2560)

ตารางที่ 3.4–1 อัตราส่วนผงถ่านเปลือกส้มโอต่อตัวประสาน

ตัวอย่าง	อัตราส่วน	ถ่านเปลือกส้มโอ (กิโลกรัม)	ตัวประสาน (กิโลกรัม)
1	1.0:0.5	0.500	0.250
2	1.0:0.75	0.500	0.375
3	1.0:1	0.500	0.500
4	1.0:1.5	0.500	0.750
5	1.0:2	0.500	1.000

3.4.4 การผลิตถ่านอัดแท่ง

นำผงถ่านเปลือกส้มโอกับตัวประสานที่เตรียมไว้ด้วยอัตราส่วนต่าง ๆที่เตรียมไว้ข้างต้น(ข้อที่3.4.3) ไปอัดแท่งโดยเครื่องอัดแท่งถ่าน (ใช้แรงคน) ซึ่งถ่านอัดแท่งที่ได้จะมีรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4.5 เซนติเมตร ความสูงประมาณ 8 เซนติเมตร และมีรูตรงกลางเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 เซนติเมตร นำถ่านอัดแท่งที่ได้ไปตากแดดเพื่อลดความชื้นโดยตากแดด ประมาณ 1 สัปดาห์ ขึ้นกับสภาพอากาศจนแท่งถ่านที่ผลิตได้แห้ง จากนั้นเก็บใส่ถุงพลาสติก มัดปากถุงให้แน่น

การตรวจสอบความชื้นของถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้อย่างง่าย โดยการนำถุงพลาสติก มาห่อแท่งถ่านเอาไว้ปิดให้สนิทนำไปตากแดดทิ้งไว้ประมาณครึ่งชั่วโมง สังเกตไอน้ำที่ถุงพลาสติก ถ้ามีน้ำอยู่แสดงว่าถ่านอัดแท่งยังมีความชื้นสูงควรนำไปตากแดดต่อ (ธารินี มหายศนันท์, 2548)

3.4.5 การทดสอบลักษณะทั่วไปของถ่านอัดแท่ง

ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มเลือกถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอที่ผลิตได้ ในรุ่นเดียวกัน เพื่อนำมาตรวจสอบ รูปทรง ขนาด และสี โดยการตรวจพินิจ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547 ; 2547 ; 2547 ; 2547 ; ก)

3.4.6 การทดสอบการบีบและการตกกระแทกของถ่านอัดแท่ง

การทดสอบการบีบและการตกกระแทกเป็นการทดสอบเพื่อดูความสามารถของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอในการคงรูปเป็นแท่งและความแกร่งของถ่าน โดยมีรายละเอียดวิธีการทดสอบ (สุไวดา หลังยาหน่าย และเสาวลักษณ์ ลิ่มศรีพุทธิ์, 2560) ดังนี้

1) การทดสอบการบีบ ทำได้โดยใช้มือบีบก้อนถ่านอัดแท่ง เพื่อดูว่าก้อนถ่านที่ทดสอบเกิดการแตกหักขึ้นหรือยังคงรูปเดิม

2) การตกกระแทก ทำได้โดยการปล่อยถ่านอัดแท่งที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร และ 100 เซนติเมตร เพื่อดูว่าก้อนถ่านอัดแท่งที่ปล่อยลงมามีการแตกหักหรือคงรูปเดิมของก้อนถ่าน

จากนั้นเลือกถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอที่มีอัตราส่วนที่เหมาะสม (ยังคงรูปเดิม ไม่แตกหัก) เพื่อทำการทดสอบสมบัติถ่านอัดแท่งและประสิทธิภาพการใช้งานต่อไป

3.4.7 การทดสอบสมบัติถ่านอัดแท่ง

การทดสอบสมบัติทางเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ โดยการนำถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ มาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร แล้วนำไปทดสอบสมบัติของถ่านอัดแท่ง ประกอบไปด้วยพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

1) หาปริมาณความชื้น (moisture) ใช้วิธีการศึกษาตามแนวทางการดำเนินการของ ASTM D3173 ดังนี้

1.1) วิธีการทดสอบ

นำถ้วย (crucible) ที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น (desiccators) 15 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนักใส่ตัวอย่างประมาณ 1 กรัม จากนั่นนำไปชั่งน้ำหนัก (W1)นำไปอบในเตาที่อุณหภูมิ 105 เซลเซียส ประมาณ 2-3 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccators) 20 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W2)

1.2) การคำนวณปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งความชื้นของถ่านก่อนและหลังการอบดังสมการที่ (1)

สูตรการคำนวณ

$M = (W1 - W2) / W \times 100$ ———— สมการที่ (1)

M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W1 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W2 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

2) หาปริมาณสารระเหย (volatile matter) ใช้วิธีการศึกษาตามแนวทางการดำเนินการของ ASTM D3175 ดังนี้

2.1) วิธีการทดสอบ

เผา crucible พร้อมฝาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียสประมาณ 30 นาที แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น (desiccators) 15 นาที จึงน้าไปชั่งน้ำหนัก (W5)ชั่งตัวอย่างประมาณ 1กรัม ใส่ลงใน crucible แล้วปิดฝานำไปใส่ลงในเตาเผา 7-10 นาที แล้วปล่อยไว้ในเตา 7 นาที นำออกจากเตาเผา ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccators) 30 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (W6)

2.2 การคำนวณปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งโดยเปรียบเทียบถ่านอัตรา 1:1 และ 1:1.5 ดังสมการที่ (2)

$V = (W5 - W6) / W \times 100 - M$ ———— สมการที่ (2)

V = ร้อยละของปริมาณสารระเหย

M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W5 = น้ำหนักของ Crucible พร้อมฝาและตัวอย่างก่อน เผา

W6 = น้ำหนักของ Crucible พร้อมฝาและตัวอย่าง

W = น้ำหนักตัวย่าง (กรัม)

3) หาปริมาณเถ้า (ash) ใช้วิธีการศึกษาตามแนวทางการดำเนินการของ ASTM D3174 ดังนี้

3.1) วิธีการทดสอบ

นำถ้วย crucible ที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น (desiccators) 15 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนักใส่ตัวอย่างประมาณ

1 กรัม จากนั่นนำไปชั่งน้ำหนัก (W3) นำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ประมาณ 4 ชั่วโมง แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccators) 20 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W4)

3.2) สูตรการคำนวณ

$M = (W3 - W4) / W \times 100$ ———————— สมการที่ **(3)**

M = ร้อยละของปริมาณเถ้า

W3 = น้ำหนักถ้วยและเถ้าของตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

W4 = น้ำหนักถ้วย (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

4) การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว (fixed carbon) เป็นการนำสัดส่วนของผลรวมร้อยละปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย และปริมาณเถ้า ลบกับ 100 ตามแนวทางการดำเนินงานของ ASTM D 3172 ดังสมการที่ 4

สูตรการคำนวณ

ร้อยละของคาร์บอนคงตัว = 100 – (A–B) - C ———— สมการที่ **(4)**

A=ร้อยละของปริมาณความชื้น

B=ร้อยละของปริมาณสารระเหย

C=ร้อยละของปริมาณเถ้า

5) การหาค่าความร้อน (heating Value) ASTM D 5865

โดยมีขั้นตอนการทดสอบเหมือนกับขั้นตอนที่ 3.4.2

3.4.8 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานถ่านอัดแท่ง

การทดสอบโดยการนำถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอที่อัดได้ไปใช้งานจริง โดยนำไปต้มน้ำเพื่อสังเกตระยะเวลาที่น้ำเดือด การเผาไหม้ทางกายภาพ เช่น กลิ่น ควัน เขม่า การแตกประทุ เป็นต้น และเพื่อที่จะเปรียบเทียบคุณสมบัตินี้กับถ่านอัดแท่งและถ่านไม้ ที่ขายตามท้องตลาดทั่วไป โดยมีขั้นตอนในการทดสอบมี 9 ขั้นตอน (คมกริช ภูเมืองปาน, 2554) ดังนี้

1) จัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้สำหรับการทดสอบ ได้แก่ เตาถ่าน หม้อต้มน้ำ แท่งเชื้อเพลิงที่จะใช้ทดสอบ และเทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ

2) เตรียมน้ำ 1,500 กรัม เพื่อใช้ในการทดสอบ

11 ก.พ. 2563

3) เตรียมแท่งเชื้อเพลิงที่จะใช้สำหรับทำการทดสอบโดยมีน้ำหนักเชื้อเพลิงมีปริมาณ 500 กรัม

4) เริ่มทำการก่อไฟโดยใช้เชื้อเพลิงที่ชั่งน้ำหนักมาก่อน และใช้ไม้เป็นตัวช่วยจุดไฟ

5) ตั้งหม้อที่บรรจุน้ำแล้ว ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ

6) ทำการวัดอุณหภูมิน้ำเริ่มต้นแล้วบันทึกค่า และบันทึกเวลาที่อุณหภูมิของน้ำสูงสุด

7) ในระหว่างที่ทำการทดสอบอยู่นี้ให้สังเกตดูลักษณะการไหม้ กลิ่น ควัน เขม่า และการติดไฟที่เกิดขึ้นจากแท่งเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบ

8) บันทึกผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบ

9) ทำการทดสอบในอัตราส่วนที่เหลือ โดยควบคุมน้ำหนักของแท่งเชื้อเพลิง และควบคุมปริมาณของน้ำที่ใช้ในการทดสอบให้เท่ากันทั้งหมดทุกอัตราส่วนที่ทำการทดสอบ

คำนวณหางานที่ได้ อัตราการเผาไหม้ และประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่ง (จิระพงษ์ คูหากาญน์, 2550)

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

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

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

Hu = ประสิทธิภาพการใช้งาน (%)

M = น้ำหนักน้ำเริ่มต้น (กรัม)

M_1 = น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่ (กรัม)

M_f = น้ำหนักเชื้อพลิง (เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ)

M_k = น้ำหนักเชื้อไฟ (เศษไม้ กิ่งไม้แห้ง)

C_p = ความร้อนจำเพาะของน้ำ เท่ากับ 1 แคลอรี่/กรัม

T_1 = อุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ (องศาเซลเซียส)

T_2 = อุณหภูมิของน้ำเดือด (องศาเซลเซียส)

L = ความร้อนแฝงของน้ำ เท่ากับ 540 แคลอรี่/กรัม

H_1 = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ)

H_2 = ค่าความร้อนของเชื้อไฟซึ่งมีค่า 4280 แคลอรี่/กรัม

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ส่วนของการศึกษาครั้งนี้จะแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้นมีรายละเอียดดังนี้

3.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1) การใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน การนำเสนอผลการศึกษาสมบัติและประสิทธิภาพของถ่านอัดแท่ง

2) การใช้สถิติอ้างอิง ได้แก่ การทดสอบด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM เพื่อวิเคราะห์หาค่าปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์บอนคงตัว และค่าความร้อน

3.5.2 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น

การศึกษาต้นทุนผลิตเบื้องต้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ ซึ่งวิเคราะห์ การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและค่าดำเนินการ มาใช้ในการสรุปผลการศึกษา และเปรียบเทียบราคากับถ่านอัดแท่งและถ่านไม้ที่ขายตามท้องตลาด

บทที่ 4
ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอโดยใช้กาวแป้งเปียกเป็นตัวประสาน ทดสอบ 5 อัตราส่วน คือ 1.0:0.5 1.0:0.75 1.0:1 1.0:1.5 และ 1.0:2 เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอโดยพิจารณาลักษณะทั่วไป การบีบ และการตกกระแทกสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งพร้อมทั้ง การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ กับถ่านอัดแท่งไม้และถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) และวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น มีผลการศึกษาดังนั้น

4.1 ผลการผลิตถ่านเปลือกส้มโอ

โดยใช้เปลือกส้มโอมาเผาในถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร จำนวน 2 ครั้ง ผลการศึกษา พบว่ามวลเปลือกส้มโอแห้ง 19 กิโลกรัม นำไปเผาให้เป็นถ่านได้มวลถ่านเปลือกส้มโอ 5.2 กิโลกรัม จากนั้นนำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาดรู 1 มิลลิเมตร ได้ผงถ่านเปลือกส้มโอ 4.05 กิโลกรัม ซึ่งในกระบวนการผลิตถ่านจากเปลือกส้มโอได้ผลผลิตร้อยละ 21.27 รายละเอียดดังแสดงใน**ตารางที่ 4.1-1**

ตารางที่ 4.1-1 การผลิตถ่านเปลือกส้มโอ

ปริมาณ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD
มวลเปลือกส้มโอ (กิโลกรัม)	9.0	10.0	9.5	0.71
มวลถ่านเปลือกส้มโอ (กิโลกรัม)	2.4	2.8	2.6	0.28
ผงถ่านเปลือกส้มโอที่ร่อนผ่านตะแกรง 1 มิลลิเมตร (กิโลกรัม)	1.84	2.21	2.03	0.26
ผลผลิต (ร้อยละ)	20.44	22.1	21.27	1.17

4.2 ผลการทดสอบค่าความร้อนของวัตถุดิบ

จากการทดสอบค่าความร้อนของวัตถุดิบ โดยทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D5865 พบว่าผงถ่านจากเปลือกส้มโอจะมีค่าความร้อนสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง เมื่อนำมาเปรียบเทียบค่าความร้อนกับวัตถุดิบที่ใช้ผลิตถ่านอัดแท่งจากงานวิจัยอื่น พบว่า ผงถ่านเปลือกส้มโอมีค่าความร้อนสูงกว่าผงถ่านเหง้ามันสำปะหลัง ผงถ่านเปลือกทุเรียน และผงถ่านเปลือกมังคุด แต่มีค่าความร้อนต่ำกว่าผงถ่านรากยางพารา รายละเอียดดังแสดงใน**ตารางที่ 4.2-1**

ตารางที่ 4.2-1 ค่าความร้อนของวัตถุดิบ

รายละเอียดสมบัติ	**แป้งมันสำปะหลัง**	**ผงถ่านเปลือกส้มโอ**	**ผงถ่านเจ้ามันสำปะหลัง**	**ผงถ่านเปลือกทุเรียน**	**ผงถ่านเปลือกมังคุด**	**ผงถ่านรากยางพารา**
ค่าความร้อน (แคลอรี่/กรัม)	3,600	5,635	4,307	4,100	4,106	7,218
อ้างอิง	-	-	(รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553)	(ประเสริฐ เรียบร้อย เจริญ, 2556)	(เอกลักษณ์ กิติภัทร์ ถาวร, 2556)	(จิระพงษ์ คูหา กาญจน์, 2555)

หมายเหตุ: ค่าความร้อนของแป้งมันสำปะหลังและผงถ่านเปลือกส้มโอ เป็นค่าที่ได้จากการศึกงานวิจัยนี้

4.3 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

4.3.1 การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

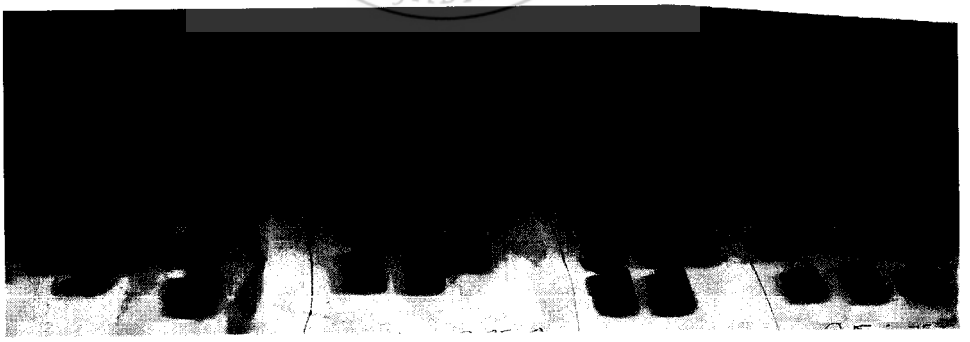
จากการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโดยใช้อัตราส่วนผงถ่านเปลือกส้มโอต่อตัวประสาน 5 อัตราส่วน คือ 1.0:0.5 1.0:0.75 1.0:1 1.0:1.5 และ 1.0:2 นำมาขึ้นรูปโดยวิธีอัดเย็น ถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้จะมีรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร สูง 8 เซนติเมตร และมีรูตรงกลาง ผลการศึกษา พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอสามารถขึ้นรูปได้ 4 อัตราส่วน คือ 1.0:0.5 1.0:0.75 1.0:1 และ 1.0:1.5 ได้จำนวนก้อนถ่านอัดแท่ง 7-10 ก้อน มีน้ำหนักก่อนตากแดด 100.00-133.33 กรัม เมื่อนำไปตากแดดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ มีน้ำหนัก 84.28-111.11 กรัม ซึ่งน้ำหนักของถ่านอัดแท่งที่ไม่เพิ่มขึ้นตามปริมาณกาวแป้งที่เพิ่มขึ้น รายละเอียดการแสดงใน **ตารางที่ 4.3-1**

ตารางที่ 4.3-1 ผลการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

ผงถ่านเปลือกส้มโอ: กาวแป้งเปียก (กิโลกรัม/ลิตร)	จำนวนก้อนถ่านอัดแท่ง (ก้อน)	น้ำหนักก่อนตากแดด (กรัม)	น้ำหนักหลังตากแดด (กรัม)
1.0:0.5	7	100.00	84.28
1.0:0.75	8	112.50	92.50
1.0:1	10	120.00	100.50
1.0:1.5	10	133.33	111.11
1.0:2	ขึ้นรูปไม่ได้		

4.3.2 การทดสอบลักษณะทั่วไปของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

จากการนำถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ อัตราส่วน 1.0:0.5 1.0:0.75 1.0:1 และ 1.0:1.5 มาทดสอบลักษณะทั่วไป ได้แก่ รูปทรง ขนาด และสี โดยการตรวจสอบด้วยสายตา พบว่า ลักษณะทั่วไปของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ อัตราส่วน 1.0:0.5 1.0:0.75 1.0:1 และ 1.0:1.5 มีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน และมีสีดำสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช. 238/2547) ที่กำหนดไว้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) รายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 4.3-2 และตารางที่ 4.3-2 ดังนั้นจึงเลือกถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ อัตราส่วน 1.0:0.5 1.0:0.75 1.0:1 และ 1.0:1.5 มาทดสอบการบีบและการตกกระแทก



อัตราส่วน 1.0:0.5 อัตราส่วน 1.0:0.75 อัตราส่วน1.0:1 อัตราส่วน 1.0:1.5

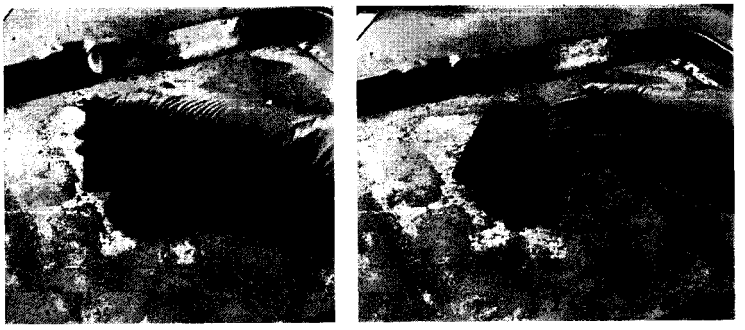
ภาพที่ 4.3-2 การทดสอบลักษณะทั่วไปของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

ตารางที่ 4.3-2 การทดสอบลักษณะทั่วไปของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

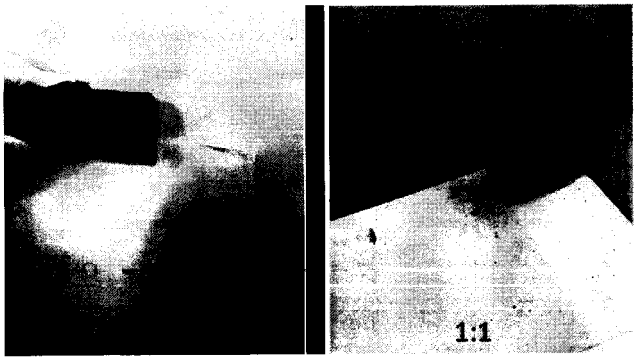
การทดสอบ	ถ่านอัดแท่งเปลือกส้มโออัตราส่วน 1.0:0.5	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโออัตราส่วน 1.0:0.75	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโออัตราส่วน 1.0:1	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโออัตราส่วน 1.0:1.5	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโออัตราส่วน 1.0:2
รูปทรง	รูปทรงเดียวกัน	รูปทรงเดียวกัน	รูปทรงเดียวกัน	รูปทรงเดียวกัน	ขึ้นรูปไม่ได้
ขนาด	ขนาดใกล้เคียงกัน	ขนาดใกล้เคียงกัน	ขนาดใกล้เคียงกัน	ขนาดใกล้เคียงกัน	ขึ้นรูปไม่ได้
สี	สีดำสม่ำเสมอ	สีดำสม่ำเสมอ	สีดำสม่ำเสมอ	สีดำสม่ำเสมอ	สีดำ

4.3.3 ผลการทดสอบการบีบและการตกกระแทกของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

นำถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโออัตราส่วน 1.0:0.5 1.0:0.75 1.0:1 และ 1.0:1.5 มาทดสอบการบีบและการตกกระแทกที่ระดับความสูง 50 และ100 เซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโออัตราส่วน 1.0:1 และ 1.0:1.5 ผ่านเกณฑ์การทดสอบการบีบและการตกกระแทกที่ระดับความสูง 50 และ100 เซนติเมตร เนื่องจากไม่มีการแตกหักและยังคงสภาพเดิม ในขณะที่ถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ อัตราส่วน 1.0:0.5 และ1.0:0.75 เกิดการแตกหัก (ภาพที่ 4.3-3 และตารางที่ 4.3-3)ดังนั้นจึงเลือกถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ อัตราส่วน 1.0:1 และ 1.0:1.5 มาทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง



(ก) การบีบของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ



(ข) การตกกระแทกที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร

(ค) การตกกระแทกที่ระดับความสูง 100 เซนติเมตร

ภาพที่ 4.3-3 ผลการทดสอบการบีบและการตกกระแทกของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

ตารางที่ 4.3-3 ผลการทดสอบการบีบและการตกกระแทกของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

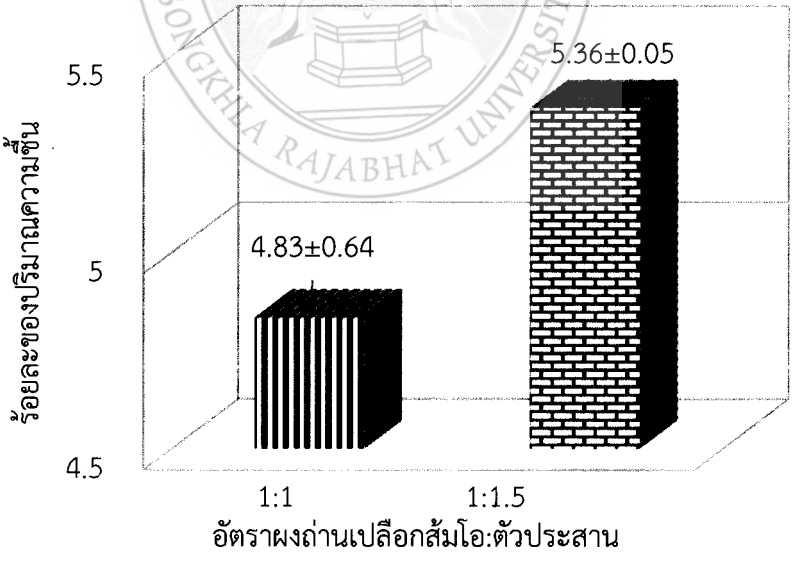
ถ่านเปลือกส้มโอ: ตัวประสาน (กิโลกรัม/ลิตร)	การใช้มือบีบ	การตกกระแทกที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร	การตกกระแทกที่ระดับความสูง 100 เซนติเมตร
1.0:0.5	✗	✗	✗
1.0:0.75	✗	✗	✗
1.0:1	✓	✓	✓
1.0:1.5	✓	✓	✓
1.0:2	ขึ้นรูปไม่ได้		

4.4 ผลการทดสอบสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

เมื่อนำถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มอัตราส่วนที่ 1.0.:1 และ 1.0:1.5 ที่ผ่านการทดสอบส่วนที่มีสมบัติทางกายภาพเหมาะสม นำมาทดสอบสมบัติด้านเชื้อเพลิงตามมาตราฐาน ASTM ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์บอนคงตัว และค่าความร้อน ได้ผลการศึกษาดังนี้

4.4.1 ร้อยละของปริมาณความชื้น

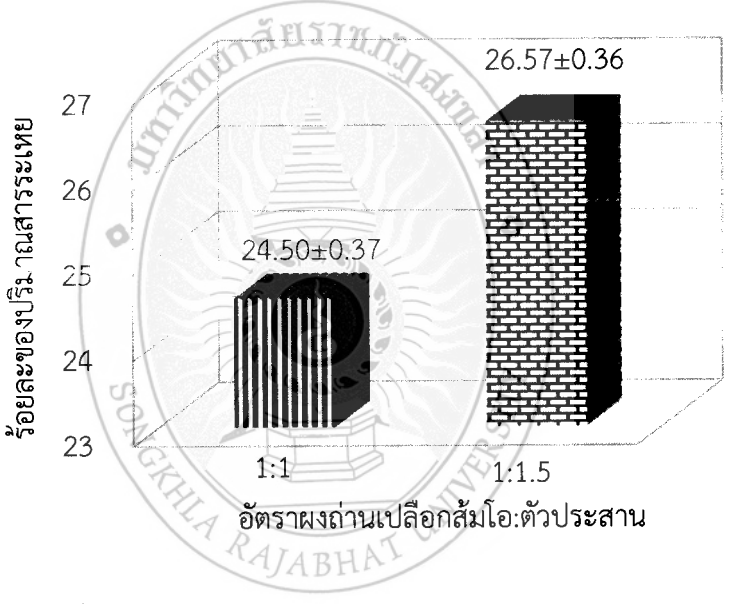
ผลการศึกษาปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ พบว่าอัตราส่วน1.0:1 และ 1.0:1.5 มีค่าเท่ากับ 4.83±0.64 และ 5.36±0.05 ตามลำดับ เมื่อนำผลปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอทั้ง 2 อัตราส่วนมาเปรียบเทียบโดยใช้สถิติแบบ T-test พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) และเป็นไปตามเกณฑ์ค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) ที่กำหนดปริมาณความชื้นไม่เกิน 8 รายละเอียดดังแสดงใน**ภาพที่ 4.4-1** และ**ภาคผนวก จ** โดยปริมาณความชื้นแสดงถึงปริมาณของน้ำที่คงเหลือในแท่งเชื้อเพลิงหลังจากการผึ่งแดด ซึ่งเชื้อเพลิงที่ดีจึงควรมีปริมาณความชื้นต่ำ เพื่อให้ความร้อนไม่สูญเสียไปกับการระเหยของน้ำในแท่งเชื้อเพลิงระหว่างการเผาไหม้ (ธนาพล ตันติสัตยกุล และคณะ, 2558)



ภาพที่ 4.4-1 ปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

4.4.2 ร้อยละของปริมาณสารระเหย

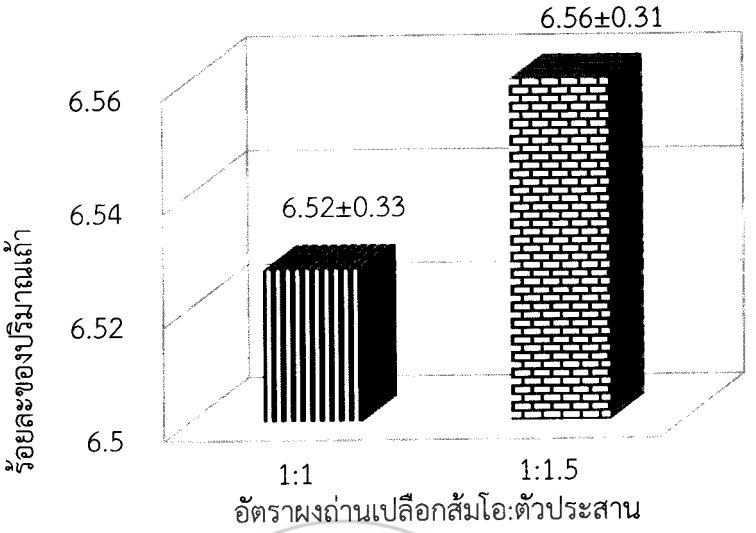
ผลการศึกษาปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ พบว่าอัตราส่วน 1.0:1 และ1.0:1.5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.50±0.37 และ 26.57±0.36 ตามลำดับ เมื่อนำผลปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอทั้ง 2 อัตราส่วน มาเปรียบเทียบโดยใช้สถิติแบบT-test พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \geq 0.05$) รายละเอียดดังแสดงใน **ภาพที่ 4.4-2 และ ภาคผนวก จ** ซึ่งปริมาณสารระเหยสูงจะมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานและการลุกติดไฟของถ่าน โดยถ่านมีปริมาณสารสะเหยมากจะลุกติดไฟได้เร็ว แต่จะติดไฟได้ไม่นาน ถ่านจะมอดเร็ว ทำให้สิ้นเปลืองถ่าน (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553)



ภาพที่ 4.4-2 ปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

4.4.3 ร้อยละของปริมาณเถ้า

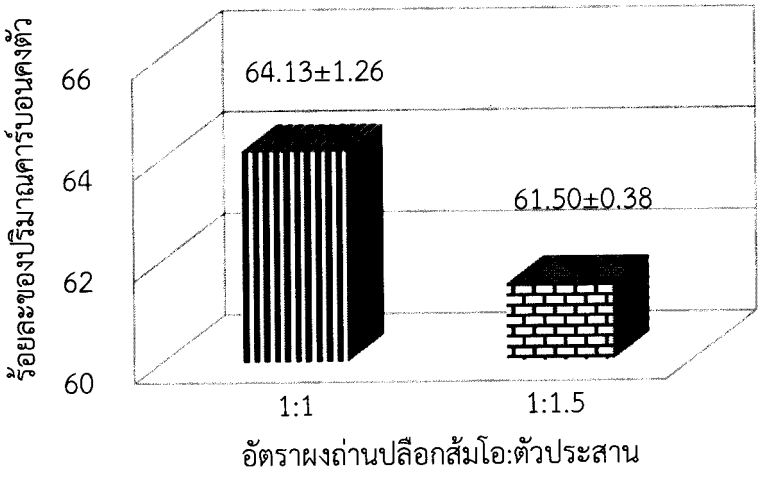
ผลการศึกษาปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ พบว่าอัตราส่วน 1.0:1 และ 1.0:1.5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.52±0.33 และ 6.56±0.31 ตามลำดับ เมื่อนำผลปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอทั้ง 2 อัตราส่วน มาเปรียบเทียบโดยใช้สถิติแบบT-test พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) รายละเอียดดังแสดงใน**ภาพ 4.4-3** และ **ภาคผนวก จ** ซึ่งถ่านที่มีปริมาณเถ้ามากจะมีค่าความร้อนต่ำ ทำให้ความสามารถในการเป็นเชื้อเพลิงต่ำ และต้องมีการกำจัดเถ้าที่เกิดขึ้น (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553)



ภาพที่ 4.4-3 ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

4.4.4 ร้อยละของปริมาณคาร์บอนคงตัว

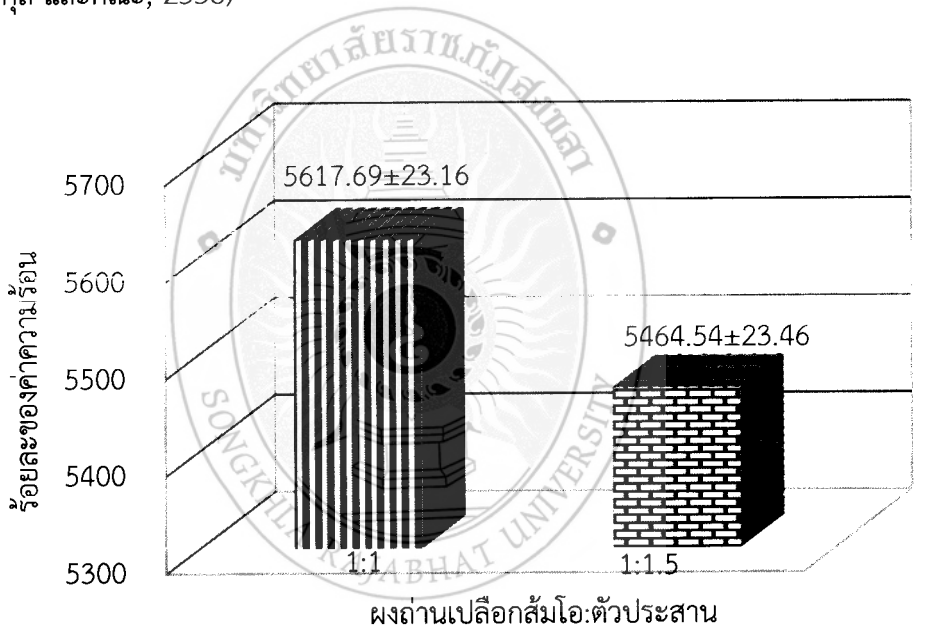
ผลการศึกษาปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ พบว่า อัตราส่วน 1.0:1 และ 1.0:1.5 มีค่าเท่ากับ 64.13±1.26 และ 61.50±0.38 ตามลำดับ เมื่อนำผลปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอทั้ง 2 อัตราส่วน มาเปรียบเทียบโดยใช้สถิติแบบ T-test พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \geq 0.05$) รายละเอียดดังแสดงในภาพ 4.4-4 และภาคผนวก จ ซึ่งปริมาณคาร์บอนคงตัวแสดงถึงปริมาณองค์ประกอบ C ในเชื้อเพลิง ซึ่งเชื้อเพลิง ที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงจะติดไฟได้นาน (ธนาพล ตันติสัตยกุล และคณะ, 2558)



ภาพที่ 4.4-4 ปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

4.4.5 ร้อยละของค่าความร้อน

ผลการศึกษาปริมาณค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ พบว่าอัตราส่วน 1.0:1 และ 1.0:1.5 มีค่าเท่ากับ 5,617.69±23.16 และ 5,464.54±23.46 แคลอรีต่อกรัม เมื่อนำผลค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอทั้ง 2 อัตราส่วนมาเปรียบเทียบโดยใช้สถิติแบบ T-test พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \geq 0.05$) รายละเอียดดังแสดงใน**ภาพที่ 4.4-5** และ**ภาคผนวก จ** เป็นไปตามเกณฑ์ค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547) ทั้งสองอัตราส่วน ที่กำหนดค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งค่าความร้อนแสดงถึงพลังงานในแท่งเชื้อเพลิงดังนั้นเชื้อเพลิงที่ดีควรมีค่าความร้อนที่สูง (ธนาพล ตันติสัตยกุล และคณะ, 2558)



ภาพที่ 4.4-5 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

จากการทดสอบสมบัติด้านเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอทั้ง 2 อัตราส่วน (1.0:1 และ 1.0:1.5) จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกาวแป้งเปียกจะทำให้ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนคงตัว และค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอลดลง ถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโออัตราส่วน 1:1 มีสมบัติด้านเชื้อเพลิงที่ดีที่สุด เนื่องจากมีปริมาณสารระเหย และปริมาณเถ้าที่น้อย มีปริมาณคาร์บอนคงตัว และค่าความร้อนสูง และเมื่อมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช. 238/2547) และค่ามาตรฐานของถ่านอัดแท่งที่ทั่วโลกยอมรับ (บริษัท รวย ธนวัฒน์ จำกัด, 2547) พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช. 238/2547) (สำนักงานมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547:ก) แต่ไม่ผ่านตามค่ามาตรฐานถ่านอัดแท่งที่ทั่วโลกยอมรับ ยกเว้น ปริมาณสารระเหย ของถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 1.0:1 (24.50) รายละเอียดดังแสดงใน**ตารางที่ 4.4-1**

ตารางที่ 4.4-1 การเปรียบเทียบสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอกับค่ามาตราฐาน

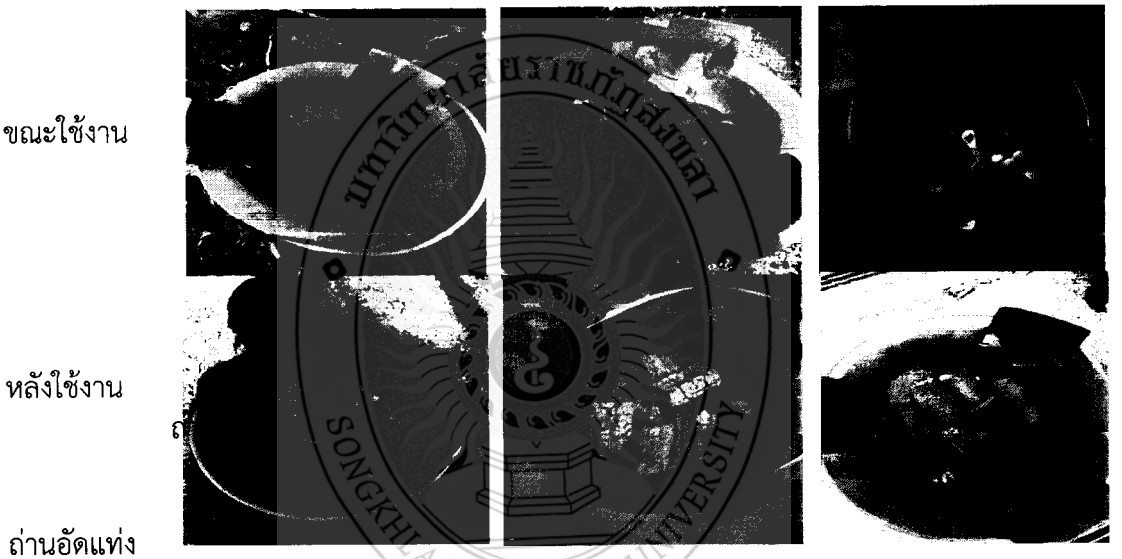
สมบัติ	**ถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโออัตราส่วน 1.0 : 1**	**ถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโออัตราส่วน 1.0 : 1.5**	**มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) (1)**	**ค่ามาตรฐานของถ่านอัดแท่งที่ทั่วโลกยอมรับ (2)**
ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	4.83	5.36	ไม่เกิน 8%	ไม่เกิน 3%
ปริมาณสารระเหย (เปอร์เซ็นต์)	24.50	26.57	-	ไม่เกิน 25%
ปริมาณเถ้า (เปอร์เซ็นต์)	6.52	6.56	-	ไม่เกิน 3%
ปริมาณคาร์บอนคงตัว (เปอร์เซ็นต์)	64.13	61.50	-	ไม่ต่ำกว่า 70%
ค่าความร้อน (แคลอรี่/กรัม)	5,617.69	5,464.54	ไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรี่/กรัม	ไม่น้อยกว่า 6,700 แคลอรี่/กรัม

ที่มา: 1 สำนักงานมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2547)

2 บริษัท รวย ธนาวัฒน์ จำกัด (2547)

4.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโออัตราส่วน 1:1 ถ่านอัดแท่งและถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) โดยการนำมาจุดไฟและตรวจสอบด้วยสายตา พบว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโออัตราส่วน 1:1 และถ่านอัดแท่ง (ซื้อจากตลาด) มีการติดไฟที่ดี ไม่เกิดการแตกประทุ ไม่มีควัน และไม่มีกลิ่น ไม่มีเขม่า ในขณะที่ถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) แม้จะมีการติดไฟที่ดี แต่เกิดการแตกประทุ มีควัน มีกลิ่น และมีเขม่า ดังนั้นถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโออัตราส่วน 1:1 และถ่านอัดแท่ง (ซื้อจากตลาด) มีประสิทธิภาพการใช้งานดีกว่าถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) รายละเอียดดังแสดงใน**ภาพที่ 4.5-1 และตารางที่ 4.5-1**



ภาพที่ 4.5-1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอกับถ่านอัดแท่งและถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)

ตารางที่ 4.5-1 ประสิทธิภาพการใช้งานถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ ถ่านอัดแท่ง และถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)

การทดสอบ	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ 1:1	ถ่านอัดแท่ง (ซื้อจากตลาด)	ถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)
การติดไฟ	ดี	ดี	ดี
การแตกประทุ	ไม่เกิด	ไม่เกิด	เกิด
ควัน	ไม่มีควัน	ไม่มีควัน	มีควัน
กลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	มีกลิ่น
เขม่า	ไม่มีเขม่า	ไม่มีเขม่า	มีเขม่า

เมื่อนำถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ ถ่านอัดแท่ง และถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) มาทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน โดยนำถ่านอัดแท่ง 500 กรัม ต้มน้ำ 1,500 กรัม ในหม้ออะลูมิเนียมเบอร์ 20 พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ อัตราส่วน 1:1 มีประสิทธิภาพการใช้งาน 18.74 สูงสุด รองลงมาเป็นถ่านแท่ง และถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) มีประสิทธิภาพการใช้งาน 15.64 และ 15.33 ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงใน**ตารางที่ 4.5-2** ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเปลือกส้มโอสามารถนำมาผลิตถ่านอัดแท่งได้ โดยอัตราส่วนผงถ่านเปลือกส้มโอต่อกาวแป้งเปียกที่ดีที่สุด คือ 1:1 ซึ่งมีประสิทธิภาพการใช้งานดีกว่าถ่านไม้ เนื่องจากติดไฟได้ดี ไม่เกิดการแตกประทุ ไม่มีควัน ไม่มีกลิ่น ไม่มีเขม่าและมีค่าความร้อนสูง ดังนั้นถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนถ่านไม้ได้

ตารางที่ 4.5-2 ค่าประสิทธิภาพการใช้งานถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ ถ่านอัดแท่ง และถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)

ประสิทธิภาพในการใช้งาน	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ 1:1	ถ่านอัดแท่ง (ซื้อจากตลาด)	ถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)
ระยะเวลาที่ใช้จนน้ำเดือด(นาที)	13.00	18.50	12.21
งานที่ทำได้	1.67	1.17	1.46
อัตราการเผาไหม้(กรัม/นาที)	11.06	10.18	11.85
ค่าประสิทธิภาพการใช้งาน (%)	18.74	15.64	15.33

4.6 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอจะพิจารณาที่อัตราส่วน 1.0:1 โดยคำนวณจากค่าดำเนินการ และค่าวัตถุดิบในการผลิต จากน้ำหนักถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ 1.005 กิโลกรัม มีค่ากะลามะพร้าว (ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเผาถ่าน) 6 บาท ค่าแป้งมันสำปะหลัง 4 บาท ค่าเผาถ่านและขึ้นรูปถ่าน 50 บาท รวมมีต้นทุนการผลิตเบื้องต้น 60 บาท ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.6-1** ดังนั้นเมื่อต้องการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอปริมาณ 1 กิโลกรัม จะมีต้นทุนการผลิตเบื้องต้นสุทธิ 57 บาท/กิโลกรัม

ตารางที่ 4.6-1 ต้นทุนการผลิตเบื้องต้นในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

รายการ	ราคา/หน่วย (บาท)	หน่วย	ปริมาณที่ใช้ในการผลิต	ต้นทุนเบื้องต้น (บาท)
(1) ค่าวัตถุดิบ				
- เปลือกส้มโอ	-	กิโลกรัม	19	-
- กะลามะพร้าว (ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเผาถ่าน)	2	กิโลกรัม	3	6
- แป้งมันสำปะหลัง	20	กิโลกรัม	0.2	4
รวมค่าวัตถุดิบ (1)				
(2) ค่าดำเนินการ				
- ค่าเผาถ่านและขึ้นรูปถ่าน	50	-	-	50
รวมค่าดำเนินการ (2)	50	-		50
ราคาต้นทุนรวมดังนี้ (1) + (2) = 50 + 10 = 60				

หมายเหตุ : เปลือกส้มโอได้รับความอนุเคราะห์สวนผลไม้ในพื้นที่ ตำบลเกาะทวด อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

จากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้นในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอมีราคาต้นทุนเฉลี่ยอยู่ที่ 57 บาทต่อกิโลกรัม ในขณะที่ถ่านอัดแท่ง และถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) มีราคาอยู่ที่ 75 และ 45 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอมีราคาต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าถ่านอัดแท่ง (ซื้อจากตลาด) 18 บาท แต่มีต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) 12 บาท ถ้าหากต้องซื้อเปลือกส้มโอจะทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น แต่หากมีการผลิตเป็นจำนวนมากอาจจะทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลงได้ ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.6-2**

ตารางที่ 4.6-2 ราคาถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอเปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่ง และถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)

ชนิดของถ่าน	**ราคา (บาท/กิโลกรัม)**
ถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ	57
ถ่านอัดแท่ง (ซื้อจากตลาด)	75
ถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)	45

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ โดยนำไปผ่านกระบวนการเผาเป็นถ่าน ได้ผลผลิตถ่านเปลือกส้มโอร้อยละ 21.27 โดยมวล เมื่อนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งโดยผสมตัวประสาน (แป้งมันสำปะหลัง 200 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร) ทั้งหมด 5 อัตราส่วน ได้แก่ 1.0:05 1.0:0.75 1.0:1 1.0:1.5 และ 1.0:2 ซึ่งขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดเย็น ถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอสามารถขึ้นรูปได้ทุกอัตราส่วน ยกเว้นอัตราส่วนที่ 1:2 ไม่สามารถขึ้นรูปได้ เมื่อนำมาพิจารณาลักษณะทั่วไปและทดสอบการบีบและการตกกระแทก พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโออัตราส่วน 1.0:1 และ 1.0:1.5 มีลักษณะทั่วไปดีที่สุดและไม่มีการแตกหักจากการทดสอบการบีบและการตกกระแทก จึงนำถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอทั้ง 2 อัตราส่วน (1.0:1 และ 1.0:1.5) มาทดสอบสมบัติด้านเชื้อเพลิง ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์บอนคงตัว และค่าความร้อน พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโออัตราส่วน 1.0:1 มีคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงดีที่สุด ซึ่งมีปริมาณความชื้น (ร้อยละ 4.83) ปริมาณสารระเหย (ร้อยละ 24.50) ปริมาณเถ้า (ร้อยละ 6.52) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (ร้อยละ 64.13) และค่าความร้อน (5617.69 แคลอรี่ต่อกรัม) ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547)

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโออัตราส่วน 1.0:1 กับถ่านอัดแท่งและถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโออัตราส่วน 1.0:1 มีประสิทธิภาพการใช้งาน 18.74 มีการติดไฟที่ดี ไม่เกิดการแตกประทุ ไม่มีควัน ไม่มีเขม่าและไม่มีกลิ่น ซึ่งประสิทธิภาพการใช้งานโดยรวมดีกว่าถ่านอัดแท่ง และถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตเบื้องต้นในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอราคาจะอยู่ที่ 57 บาท/กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่ง (ซื้อจากตลาด) (75 บาท/กิโลกรัม) และถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด) (45 บาท/กิโลกรัม) พบว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอมีต้นทุนที่ต่ำกว่าถ่านอัดแท่ง (ซื้อจากตลาด) แต่มีต้นทุนการผลิตสูงกว่าถ่านไม้ (ซื้อจากตลาด)

ดังนั้นสรุปได้ว่าเปลือกส้มโอซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งสามารถนำมาผลิตถ่านอัดแท่งโดยใช้กาวแป้งเปียกเป็นตัวประสาน เพื่อลดปัญหาขยะเหลือทิ้งที่ส่งผลกระทบทำให้เกิดการทับถมที่เน่าเสียและเกิดก๊าซมีเทนทำให้ส่งกลิ่นเสียสุขภาพ และเป็นทางเลือกด้านเชื้อเพลิงให้กับชาวบ้านชาวสวนส้มโอในพื้นที่ ตำบลเกาะทวด อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนการใช้ก๊าซในการ

หุงต้มได้ และยังช่วยสร้างเสริมรายได้จากการนำเปลือกส้มโอมาแปรรูปเป็นถ่านอัดแท่งได้อีกทางเลือกหนึ่ง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 นำวัสดุที่จะนำไปเผาตากแดดให้แห้งก่อนเพราะอาจทำให้วัสดุมีความชื้นสูงทำให้การเผาใช้ระยะเวลานาน และเกิดการเผาที่ไม่สมบูรณ์ วัสดุที่จะนำมาเผาเพื่อทำถ่านอัดแท่งควรจะทำให้แห้งเพื่อจะได้เผาได้ง่ายและประหยัดระยะเวลาในการเผา

5.2.2 ควรศึกษาการนำถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอไปใช้ทดสอบการกำจัดกลิ่น เนื่องจากเปลือกส้มโอมีคุณสมบัติกำจัดแมลงและกลิ่นได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บรรณานุกรรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2559). **สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย** มกราคม-ธันวาคม 2559

พงษ์ศักดิ์ อยู่มั่น. (2556) **การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้**ในจังหวัดลำปาง กรณีศึกษา:อำเภอแม่ทะ.คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ทองทิพย์ พูลเกษม. (2542) **การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนเพื่อทดแทนฟืนถ่านในการหุงต้มในครัวเรือน**. ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร มหาวิทยาลัยมหิดล.

ลักษณี สุทธิวิไลรัตน์. (2545) **ศักยภาพทางด้านพลังงานของเปลือกไม้เสม็ด**. เอกสารทางวิชาการ กลุ่มพัฒนาพลังงานการป่าไม้กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ.

สังเวย เสวกวิหาร. (2553) **การศึกษาพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์** “การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลครั้งที่3” วันที่ 24-26 พฤศจิกายน 2553 ศูนย์ประชุมสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ กรุงเทพฯ.

สุไวดา หลังยาหน่าย และเสาวลักษณ์ ลิ่มศรีพุทธิ์. (2560) **การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด** (รายงานผลการวิจัย). มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ธีระพงษ์ คูหากาญน์. (2560) **ศักยภาพด้านพลังงานของถ่านตอรากยางพารา**. สัมนาทางวนวัฒน์วิทยาครั้งที่8 เทคโนโลยีวนวัฒน์เพื่อขจัดความยากจน. 6-8 มิ.ย. 2550. กรุงเทพฯ.

รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล. (2553) “**การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง**”. ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง** มผช 238-2547. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ

ทวีศักดิ์ ด้วงทอง. (2553) การปลูกส้มโอ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม.

เด่นนภา จงใจ. (2544) คู่มือการทำแท่งเชื้อเพลิง.

คมกริช ภูเมืองปาน, ทพกฤต ปัญญาวงศ์ และนิกร สลิอ่อน. (2554) **การศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากกากกาแฟ**. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมมศาสตร์บัณฑิต วิชาเอกวิศวกรรมอุตสาหกรรม.ราชมงคลล้านนา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

ธารินี มหายศนันท์. (2548) **การศึกษาการผลิตเอเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนเพื่อทดแทนฟืนและถ่านในการหุงต้มในครัวเรือน.** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร มหาวิทยามหิดล.

เจริญศักดิ์ โรจนฤธิ์พิเชษฐ. (2550) **มันสำปะหลังการปลูกอุตสาหกรรมแปรรูปและการใช้ประโยชน์**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์.

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์, (2539) **ถ่านหุงต้ม.** แหล่งที่มา: www.dld.goth/inform.html,

วันที่ 20 ตุลาคม 2560

ธัญญารัตน์ อินทร์เจริญ. (2549) "**การศึกษาวิจัยพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน**" การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงาน แห่งประเทศไทย ครั้งที่2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา.

พรรณรัตน์ เกิดภาคี , ภารดี ก่อวุฒิกุลรังสี และอัคคณิต คามเกตุ. (2549) **"ทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ของยางพารา"**

เอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร. (2556) **"การศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกอุตสาหกรรมผลิตเอธานอลและชีวมวล"**

ธนาพล ตันติสัตยกุล, กะชามาศ สายดา, สุจิตรา ภูส่งสีและศิวพร เงินเรืองโรจน์. (2558). **การศึกษาความเหมาะสมการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด** (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.

สารานุกรมเสรี, ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (2560)

บริษัท รวย ธนวัฒน์ จำกัด. 2547. ค่ามาตรฐานของถ่านอัดแท่งที่ทั่วโลกยอมรับ. (Online).

www.charcoalthais.com, วันที่ 20 ตุลาคม 2560

ภาคผนวก ก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง

มผช.๒๓๘/๒๕๔๗

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง

๑.ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ทำจากถ่านผงหรือถ่านเม็ดมาอัดเป็นแท่งหรือทำจากวัสดุธรรมชาติมาอัดเป็นแท่งแล้วเผาจนเป็นถ่าน

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้มีดังต่อไปนี้

๒.๑ ถ่านอัดแท่งหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติเช่นกะลามะพร้าวกะลาปาล์มซังข้าวโพดมาเผาจนเป็นถ่านอาจนำมาบดเป็นผงหรือเม็ดแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการหรือนำวัตถุดิบธรรมชาติเช่นแกลบขี้เลื่อยมาอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการแล้วจึงนำมาเผาเป็นถ่าน

๒.๒ ค่าความร้อนหมายถึงพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก ๑ กรัมมีหน่วยเป็น แคลอรีต่อกรัม

๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

๓.๑ ลักษณะทั่วไป

ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกันขนาดใกล้เคียงกันมีสีดำสม่ำเสมอไม่เปราะอาจแตกหักได้บ้าง

๓.๒ การใช้งาน

เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็นไม่มีควันและกลิ่น

๓.๓ ความชื้น

ต้องไม่เกินร้อยละ ๘ โดยน้ำหนัก

๓.๔ ค่าความร้อน

ต้องไม่น้อยกว่า ๕๐๐๐ แคลอรีต่อกรัม

มผช.๒๓๘/๒๕๔๗

๔. การบรรจุ

๔.๑ หากมีการบรรจุให้บรรจุถ่านอัดแท่งในภาชนะบรรจุที่สะอาดแห้งและสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับถ่านอัดแท่งได้

๔.๒ น้ำหนักสุทธิของถ่านอัดแท่งในแต่ละภาชนะบรรจุต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

๕. เครื่องหมายและฉลาก

๕.๑ ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุถ่านอัดแท่งทุกหน่วยอย่างน้อยต้องมีเลขอักษรหรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่ายชัดเจน

(๑) ชื่อผลิตภัณฑ์

(๒) ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำ

(๓) น้ำหนักสุทธิ

(๔) เดือนปีที่ทำ

(๕) ข้อแนะนำในการใช้

(๖) ชื่อผู้ทำหรือสถานที่ทำพร้อมสถานที่ตั้งหรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๖. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๖.๑ รุ่นในที่นี้หมายถึงถ่านอัดแท่งที่ทำโดยกรรมวิธีเดียวกันที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

๖.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๖.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไปการบรรจุและเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวนไม่น้อยกว่า ๓ กิโลกรัม เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ๓.๑ข้อ๔. และข้อ๕. จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่ง รุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๖.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบการใช้งานความชื้นและ ค่าความร้อนให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๖.๒.๑ แล้วจำนวนไม่น้อยกว่า ๓ กิโลกรัม เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๒ ถึงข้อ ๓.๔ จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้น เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๖.๓ เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างถ่านอัดแท่งต้องเป็นไปตามข้อ ๖.๒.๑ และข้อ ๖.๒.๒ ทุกข้อจึงจะถือว่าถ่านอัดแท่ง รุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

๗. การทดสอบ

๗.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไปภาชนะบรรจุและเครื่องหมายและฉลากให้ตรวจพินิจ

๗.๒ การทดสอบการใช้งาน

ให้ทดสอบโดยการจุดตัวอย่างถ่านอัดแท่งแล้วตรวจพินิจ

๗.๓ การทดสอบความชื้น

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3173

๗.๔ การทดสอบค่าความร้อน

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 5865

๗.๕ การทดสอบน้ำหนักสุทธิ

ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้หุงต้ม

มผช. ๖๕๗/๒๕๔๗

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้หุงต้ม

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะถ่านที่ได้จากการเผาไม้ใช้สำหรับหุงต้มอาหาร

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ ถ่านไม้หุงต้ม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำไม้ มาผ่านกระบวนการเผาจนกลายเป็นถ่าน เพื่อนำมาใช้ในการหุงต้มอาหาร

๒.๒ ความร้อน (calorific value) หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก ๑ กรัม มีหน่วยเป็นแคลอรี่ (แคลอรี่ต่อกรัม)

๒.๓ เถ้า (ash) หมายถึง ร้อยละของปริมาณสารที่เหลือจากการเผาถ่านจนมีน้ำหนักคงที่ ที่อุณหภูมิ 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 แคลอรี่ต่อกรัม

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 ต้องมีเครื่องหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๖. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๖.๑ รุ่นในที่นี้หมายถึง ถ่านไม้หุงต้มที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขาย ในระยะเวลาเดียวกัน

๖.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๖.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างด้วยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน ๓ หน่วย ภาชนะ

บรรจุ 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 เกณฑ์การตัดสิน

ตัวอย่างถ่านไม้หุงต้มต้องเป็นไปตามข้อ ๖.๒.๑ และข้อ ๖.๒.๒ ทุกข้อ จึงจะถือว่าถ่านไม้หุงต้มรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

การทดสอบ

๗.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ตรวจพินิจ

๗.๒ การทดสอบความชื้น

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3173

๗.๓ การทดสอบค่าความร้อน

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 5865

๗.๔ การทดสอบเถ้า

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3174

๗.๕ การทดสอบสารระเหย

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3175

๗.๖ การทดสอบการใช้งาน

ทำให้ตัวอย่างถ่านไม้หุงต้มติดไฟด้วยแก๊สหุงต้ม แล้วตรวจพินิจ

๗.๗ การทดสอบน้ำหนักสุทธิ

ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ค

แบบเสนอโครงร่างวิจัย

แบบเสนอโครงร่างวิจัย

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิจัยทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

1. ชื่อโครงการวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

Study on the Possibility of the Production of Charcoal Briquette from Pomelo Peel

2. สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม)

3. ชื่อผู้วิจัย 3.1 นางสาวชนิกานต์ ทิศเมือง รหัสนักศึกษา584232002

นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

3.2 นางสาวสุกัญญา จันทร์บุญแก้ว รหัสนักศึกษา584232022

นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

4. คณะกรรมการที่ปรึกษาวิจัยเฉพาะทาง

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์นัดดา โปดำ

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

5. ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

พลังงานเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบัน ประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยก๊าซธรรมชาติมีสัดส่วนการใช้มากที่สุดรองลงมาคือน้ำมันเป็นพลังงานสิ้นเปลืองที่ใช้แล้วหมดไป (ศูนย์พยากรณ์และสารสนเทศพลังงาน ปี2559) ในปัจจุบันมีการหันมาสนใจในเรื่องพลังงานทดแทนซึ่งหลายรูปแบบ ได้แก่ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานคลื่น และพลังงานชีวมวล เป็น

ต้น ซึ่งในปัจจุบันผู้คนได้มีการหันมาใช้พลังงานทดแทนอย่างแพร่หลาย หนึ่งในนั้นคือพลังงานชีวมวล เป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งเป็นการนำเอาผลผลิตทางการเกษตรที่เหลือทิ้งมาทำให้เกิดประโยชน์ และช่วยลดปัญหาลดปัญหาปริมาณขยะ ถ้าหากปล่อยทิ้งไว้จะเกิดการเน่าเสียเกิดก๊าซมีเทนซึ่งทำให้ส่งกลิ่นรบกวนอีกด้วยและยังช่วยแก้ไขปัญหาวัสดุเหลือใช้ในเวลาเดียวกัน ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงมีศักยภาพสูงในเรื่องของแหล่งพลังงานชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งเพื่อลดการใช้ถ่านจากไม้ฟืนได้ และยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และช่วยแก้ปัญหาในเรื่องวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีปริมาณมากวัสดุที่เหลือทิ้งที่สามารถนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งได้มีมากมายหลายชนิด เช่น งานวิจัยที่เกี่ยวข้องของ ธัญญรัตน์ อินทร์เจริญ, (2549) ที่ทำการศึกษาวิจัยพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน และงานวิจัยของ สังเวย เสวกวิหา, (2553) ที่ทำการศึกษาพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

เปลือกส้มโอเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดหนึ่งที่มีปริมาณมากในประเทศไทย ในส่วนของเปลือกส้มโอที่เป็นสีเขียว และสีขาวถ้าทิ้งไว้ก็ไม่เกิดประโยชน์อะไรซึ่งส่งกลิ่นรบกวน และยังเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน จึงนำเปลือกส้มโอที่เหลือทิ้งมาทำให้เกิดประโยชน์ โดยการนำมาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาขยะเหลือทิ้ง ลดปัญหาการขาดแคลนพลังงาน ลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากน้ำมัน ช่วยแก้ปัญหาการกำจัดของเสีย และลดปัญหาการใช้ฟืน และถ่านไม้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำเปลือกส้มโอซึ่งเป็นวัสดุที่เหลือทิ้งทางการเกษตรมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนจากการใช้ถ่านไม้ที่มาจากป่าไม้ธรรมชาติและการใช้ฟืน

6. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

7. สมมติฐาน

เปลือกส้มโอสามารถนำมาผลิตถ่านอัดแท่งได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช. 238/2547)

8. ตัวแปร

ตัวแปรต้น	อัตราส่วนระหว่างผงถ่านเปลือกส้มโอกับตัวประสาน
ตัวแปรตาม	ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์บอนคงตัว ค่าความร้อน

และประสิทธิภาพในการใช้งาน

ตัวแปรควบคุม วิธีการอัดแท่ง ขนาด และรูปทรงของถ่านอัดแท่ง

9. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1 สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรและสร้างรายได้เสริมให้กับตนเอง

2 นำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้ จากที่ใช้ฟืนจากต้นไม้ช่วยลดการทำลายป่าไม้และยังลดค่าใช้จ่ายจากการใช้ก๊าซหุงต้มในครัวเรือน

3 ลดปัญหามลภาวะขยะเหลือทิ้ง

10. ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ โดยมีรายละเอียดขอบเขตการวิจัยดังนี้

10.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ คือ เปลือกส้มโอ

10.2 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา

1) พื้นที่เก็บตัวอย่าง เปลือกส้มโอได้รับความอนุเคราะห์จากร้านขายผลไม้ ตลาดและสวนผลไม้ในพื้นที่ ตำบลเกาะทวด อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

2) สถานที่เผาถ่านและผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ ณ ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน หมู่ที่ 5 ตำบลท่าข้าม อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

3) สถานที่ทดสอบสมบัติและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ ณ ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

11. นิยามศัพท์เฉพาะ

ถ่านอัดแท่ง หมายถึง การนำเอาวัตถุดิบธรรมชาติมาเผาจนเป็นถ่านและบดจนเป็นผงแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ (สังเวย เสวกวิหาร, 2553)

ตัวประสาน หมายถึง ของเหลวที่ได้จากการนำแป้งมันสำปะหลัง ผสมกับน้ำ แล้วนำไปให้ความร้อนคนจนเป็นเนื้อเดียวกัน มีลักษณะเนื้อขาวใสละเอียดและหนืด (สุไวดา หลังยาหน่าย และเสาวลักษณ์ ลิ่มศรีพุทธิ์,2560)

เปลือกส้มโอ หมายถึง ส่วนที่ทำหน้าที่ห่อหุ้มผลส้มโอที่อยู่ข้างในเอาไว้ ลักษณะเปลือกสีเขียวที่อยู่ภายนอกสุดคือเปลือกผลชั้นนอก เปลือกส้มโอส่วนที่มีสีขาวเป็นเยื่อนุ่มๆคือส่วนของเปลือกผลชั้นกลาง

การอัดเย็น หมายถึง การนำวัสดุที่เผาเป็นถ่านแล้วมาบดให้ละเอียด แล้วนำมาผสม กับตัวประสาน ในอัตราส่วนที่ต้องการ แล้วนำมาอัดเป็นแท่ง (สุไวดา หลังยาหน่าย และเสาวลักษณ์ ลิ่มศรีพุทธิ์, 2560)

12. ตรวจสอบเอกสาร

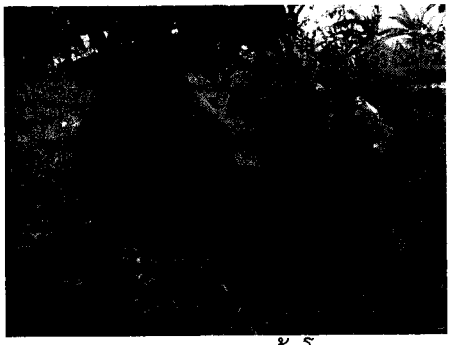
12.1 ข้อมูลทั่วไปของเปลือกส้มโอ

ส้มโอเป็นพืชในตระกูลเดียวกันกับส้ม ซึ่งเดิมทีเรามักมีความเข้าใจว่า ส้มโอเป็นส้มชนิดหนึ่งเหมือนกับส้มผลเล็ก หรือส้มชนิดกึ่งส้มโอกับส้มเกลี้ยงที่เรานิยมรับประทาน ในทุกวันนี้ที่ใช้คำเรียกว่า “pomelo” หรือที่เรียกในคำไทย คือ ส้มโอฝรั่ง แต่ความจริงแล้ว ส้มโอ ต่างจากชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงลักษณะอื่นที่ต่างกัน อาทิ ส้มผลเล็กจะมีรสขมอมเปรี้ยว มีเนื้อเป็นกุ้งเล็กๆ และเรียวยาว เวลารับประทานนิยมใช้มีดผ่าครึ่ง แล้วใช้ช้อนตักรับประทานส่วนส้มโอจะมีรสหวานหรือหวานอมเปรี้ยว เนื้อเป็นกุ้งใหญ่ และอวบนูน เวลารับประทานนิยมแกะเปลือกออกก่อนจนเหลือแค่กลีบเนื้อผล การปลูกส้มโอในประเทศไทยในช่วงแรกๆ จะมีการปลูกบริเวณริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงพระนคร และฝั่งธนบุรี ต่อมาจึงส่งเสริม และแพร่กันปลูกมากทั่วภาคกลาง ซึ่งพัฒนาสายพันธุ์ได้มากมาย โดยมีจุดเริ่มต้นของสายพันธุ์ในแถบจังหวัดภาคกลาง รายละเอียดดังแสดงใน **ภาพที่ 2.1-1**

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Citrus maxima (Burm.) Merrill ,C. grandis (L.) Osbeck*

ชื่อสามัญ : Pomelo , Pummel , Shaddock , Pumpelmoes , Pomplemose

ชื่อวงศ์ : Rutaceae



ภาพ 2.1-1 ส้มโอ

ที่มา: วิษณุ อุทโยภาศ

12.1.1 ถิ่นกำเนิด

ส้มโอเป็นพืชในสกุลเดียวกับส้มเขียวหวาน เลมอน มะกรูด และมะนาว มีถิ่นกำเนิดในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ นักเดินเรือชาวยุโรปนำส้มโอไปปลูกในหมู่เกาะบาเบดอส และเป็นต้นกำเนิดของส้มเกรปฟรุท (grapefruit) ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตสำคัญของโลก และมีส้มโอพันธุ์ดีอยู่เป็นจำนวนมาก (วิษณุ อุทโยภาศ, 2547)

12.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

1) ลำต้น มีลักษณะค่อนข้างเป็นเหลี่ยม และมีรูปทรงที่ไม่แน่นอน มีความสูงประมาณ 5-15 เมตร แตกกิ่งแขนงมาก กิ่งอ่อนมีขนปกคลุม กิ่งมีหนามรูปทรงอ้วนยาวประมาณ 1-5 เซนติเมตร มีทรงพุ่มบริเวณส่วนปลายของลำต้น ขนาดทรงพุ่มประมาณ 3-4 เมตร เปลือกมีสีน้ำตาลอมเทาส่วนเนื้อไม้มีลักษณะเหนียวแต่ไม่แข็งกิ่งหักได้ยาก

2) ใบ เป็นพืชใบเลี้ยงคู่แตกออกเป็นใบเดี่ยวเรียงวนสลับกันบนกิ่งมีขนาดใหญ่สีเขียวเข้ม แผ่นใบหนา และเป็นเป็นมันกว้าง 10-12 เซนติเมตร ยาว 15-20 เซนติเมตร ก้านใบจะมีแผ่นใบขนาดเล็กที่เรียกว่า wing ใบจะรูปร่างคล้ายรูปไข่ยาว หรือรูปโล่ ฐานใบแหลมป้าน ปลายใบมน และมีรอยเว้าตรงกลางเป็นรูปหัวใจ ส่วนขอบใบจะมีหยักเล็กๆ ใบด้านบนมีสีเขียวเข้มเป็นมันวาว ส่วนแผ่นใบด้านล่างเป็นสีเขียวอ่อน และมีขนนุ่มปกคลุม

3) ดอก ออกเป็นช่อหรือออกเป็นดอกเดี่ยว แทงออกบริเวณปลายของกิ่งอ่อน ประกอบด้วยช่อดอกที่เกิดบริเวณปลายยอด และตายอดด้านข้าง แต่ละช่อมีดอก 1-20 ดอก มีขนาดใหญ่เป็นดอกสมบูรณ์เพศที่ผสมเกสรในดอกตัวเองแต่ละดอกมีขนาด 3-7 เซนติเมตร ประกอบด้วยกลีบเลี้ยงที่ฐานดอก 3-5 กลีบ ส่วนกลีบดอกมีสีขาว กลีบดอกมีรูปหอก จำนวน 4-5 กลีบ กว้างประมาณ 1.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 3.5-4.0 เซนติเมตร แผ่นกลีบดอกหนา ด้านในกลีบดอกมีเกสรตัวผู้จำนวน 20-25 อัน เรียงซ้อนกันเป็นวงกลมรอบรังไข่ และมีฐานเกสรเชื่อมติดกันเป็นกลุ่ม 4-5 กลุ่ม ส่วนด้านในสุดเป็นรังไข่ที่แบ่งเป็นช่องๆ 11-16 ช่อง ทั้งนี้ ดอกส้มโอจะบานจากดอกส่วนปลายก่อน และทยอยบานในดอกโคน ช่อดอกส้มโอจะเริ่มออกเมื่อปลูกได้ประมาณ 4 ปี และให้ผลผลิตนานกว่า 10-20 ปี โดยจะเริ่มออกดอกตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน-มีนาคม และออกดอกมากที่สุดในช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ หลังจากนั้นจะติดผล และเก็บผลได้หลังจากดอกบานประมาณ 8 เดือน หรือจะอยู่ในช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายน ทั้งนี้ ส้มโอพันธุ์ขาวทองดีจะให้ผลสุกช้ากว่าพันธุ์ขาวพวง ซึ่งจะเก็บผลได้ประมาณเดือนกันยายน-ตุลาคม

4) ผล ผลส้มโอมีรูปร่างค่อนข้างกลม บางพันธุ์มีขั้วผลเรียวแหลม ผลมีขนาดใหญ่ ขนาดผลประมาณ 10-13 เซนติเมตร ผลอ่อนมีสีเขียว ผลสุกมีสีเขียวอมเหลืองหรือสีเหลืองทองตามสายพันธุ์ เปลือกหนาประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร แบ่งออกเป็น 3 ชั้น ประกอบด้วยชั้นนอกสุด เรียกว่า flavedo

มีสีเขียวอมเหลือง มีต่อมน้ำมันจำนวนมาก ชั้นต่อมา เรียกว่า albedo เป็นส่วนที่เป็นเนื้อเยื่ออ่อนนุ่ม สีขาวที่มีความหนามาก และชั้นที่สามเป็นเนื้อเยื่อของพูที่หุ้มรอบเนื้อผล ส่วนเนื้อผลแบ่งออกเป็นกลีบๆ เรียงติดกันเป็นวงกลมแกะแยกออกจากกันง่าย เรียกกลีบเนื้อผลว่า juice sac ภายในกลีบจะฉ่ำด้วยน้ำที่ให้รสหวานหรือหวานอมเปรี้ยว

5) เมล็ด เมล็ดส้มโอเป็นผลไม้ที่มีเมล็ดค่อนข้างน้อย แต่บางพันธุ์มีเมล็ดมาก เมล็ดรวมกันอยู่ตรงแกนกลางของผล มีจำนวนตั้งแต่ 0-265 เมล็ด/ผล เมล็ดมีทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็กเมล็ดมีรูปร่างแบนและผิวย่น เปลือกเมล็ดมีสีเขียวอมเหลืองและเป็นร่องลึก ขนาดเมล็ดกว้าง 0.6-1.2 เซนติเมตร (วิษณุ อุทโยภาศ, 2547)

12.1.3 พันธุ์ส้มโอ

แหล่งปลูกส้มโอที่สำคัญในประเทศไทยแต่เดิมมีสองแหล่งคือ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม เป็นแหล่งกำเนิดของพันธุ์ขาวแป้น และบางปะกอกในเขตธนบุรี เป็นแหล่งกำเนิดของพันธุ์ขาวพวงในปัจจุบัน พันธุ์ส้มโอที่เป็นที่นิยมปลูกทางการค้าได้แก่

1) พันธุ์ทับทิมสยาม เนื้อสีแดงเข้ม รสชาติหวาน มีกลิ่นหอม เนื้อนุ่ม เปลือกบางสีเขียวเข้ม มีขนอ่อนปกคลุมทั่วผล ปลูกมากที่จังหวัดนครศรีธรรมราช
2) พันธุ์ทองดี ผลโต กลมแป้น ไม่มีจุก ที่ขั้วมีจีบเล็กน้อย รสหวาน ฉ่ำน้ำ เนื้อสีชมพู เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกที่จังหวัดนครปฐม
3) พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ผลใหญ่ กลมสูง ก้นเรียบพันธุ์ขาวใหญ่ เนื้อเป็นสีครีมอ่อน นิยมปลูกที่จังหวัดสมุทรสงคราม
4) พันธุ์ขาวพวง ผลกลม มีจุกสูง ผิวเรียบ สีเปลือกเขียวอ่อนอมเหลือง มีเมล็ดน้อย เป็นพันธุ์ดั้งเดิม พันธุ์ขาวแตงกวา ผลขนาดกลางกลมแป้น เปลือกบาง เนื้อสีขาว นิยมปลูกที่จังหวัดชัยนาท และอยู่ในคำขวัญประจำจังหวัดพันธุ์ท่าข่อย เป็นพันธุ์ที่ปลูกมากที่จังหวัดพิจิตรพันธุ์ปัตตาเวีย ปลูกมากทางภาคใต้

12.1.4 การปลูกส้มโอ

การปลูกส้มโอทำได้ด้วยวิธีเพาะเมล็ด การติดตา การตอน และการเสียบกิ่ง แต่ทั่วไปนิยมปลูกจากต้นพันธุ์ที่ได้จากการตอนหรือการเสียบกิ่ง เพราะจะได้ต้นที่ไม่สูง และได้ผลส้มโอตามพันธุ์ดั้งเดิมที่ต้องการ

1) การเตรียมพื้นที่ปลูก โดยพื้นที่ปลูกบนที่น้ำไม่ท่วมง่ายสามารถไถพรวนดินเป็นแปลงให้สม่ำเสมอทั่วไปได้เลย ส่วนพื้นที่น้ำท่วมง่าย เช่น จังหวัดในทางภาคกลาง มักขุดยกร่องแปลงเป็นแนวยาวให้สูงขึ้น ขนาดสันร่องปลูกกว้างประมาณ 6-7 เมตร และเป็นร่องน้ำกว้างประมาณ 1-1.50 เมตร ลึกประมาณ 1 เมตร พร้อมกับทำคันกั้นน้ำรอบสวน

2) การเตรียมหลุมและวิธีการปลูก โดยขุดหลุมปลูก ขนาดประมาณ 50 เซนติเมตร พร้อมตากดินที่ขุดหลุมปลูกขึ้นมา 10-14 วัน ส่วนระยะหลุมประมาณ 6-8 x 6-8 เมตร แต่ส่วนมากนิยมในระยะ 7x7 เมตร ทั้งนี้ 1 ไร่ จะปลูกส้มโอได้ประมาณ 25-40 ต้น หลังจากที่ตากดินแล้วให้นำดินที่เกลี่ยแล้วลงหลุมพร้อมโรยปุ๋ยคอกหรือวัสดุอินทรีย์คลุกผสมให้เข้ากันก่อนนำต้นพันธุ์ลงปลูกโดยให้ระดับดินในหลุมสูงกว่าระดับดินเดิมเล็กน้อยและโรยปิดด้วยฟางข้าวหรือเศษใบไม้ จากนั้นนำไม้หลักปักและผูกรัดต้นพันธุ์ป้องกันไม่ให้ต้นโยกหรือโน้มเอียงนอกจากการขุดหลุมปลูกแล้วเกษตรกรบางที่มักนิยมปลูกด้วยการพูนหรือกองดินเป็นกองขึ้นเหนือพื้นดินประมาณ 20 เซนติเมตร ขนาดกองประมาณ 40 เซนติเมตร แล้วค่อยนำต้นพันธุ์ลงปลูกตรงกลางกองดิน

3) การให้น้ำ โดยการให้น้ำในช่วงหลังการปลูกก่อนติดผลและระยะบำรุงต้นจะต้องให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ แต่ช่วงก่อนออกดอกจะต้องให้น้ำน้อยลงและหลังจากที่แทงช่อดอกและติดผลจะต้องให้น้ำเพิ่มขึ้น ในฤดูแล้งจะมีความถี่การให้น้ำประมาณ 7 วัน/ครั้ง ด้วยระบบน้ำหยดหรือสปริงเกอร์ ส่วนฤดูฝนให้ปล่อยรับน้ำฝนตามธรรมชาติ

4) การใส่ปุ๋ย สำหรับการใส่ปุ๋ยของส้มโอจะแบ่งเป็นช่วง ๆ ดังนี้

– ระยะอายุ 1-3 ปี ให้ใส่ปุ๋ยคอกหรือเศษวัสดุอินทรีย์อัตรา 1 กิโลกรัม/ต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 200 กรัม/ต้น โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง/ปี

– ระยะบำรุงต้นก่อนปล่อยให้ติดผลในปีที่ 4 ของช่วงเดือนตุลาคม ใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตรา 1-2 กิโลกรัม/ต้น

– ระยะเร่งสร้างดอกและบำรุงดอก ในช่วงเดือนธันวาคม ใช้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 หรือสูตรที่ให้ฟอสฟอรัสสูง

– ระยะผลอ่อน ในเดือนมีนาคมถึงเมษายน ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 หรือใช้สูตรที่ให้โพแทสเซียมสูงเหมือนกับระยะบำรุงผล

– ระยะบำรุงผล ในช่วงเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม ใช้ปุ๋ยสูตร 12-12-24 หรือสูตรที่ให้โพแทสเซียมสูง

5) การบังคับให้ออกดอก จะเริ่มจากการงดให้น้ำ 25-30 วัน จนใบเริ่มเหี่ยวเฉาแล้วจึงกลับมาให้น้ำอย่างเต็มที่เหมือนเดิม 7-15 วัน ใบส้มโอจะเริ่มร่วง พร้อมแตกใบใหม่ และออกดอก

6) การกำจัดวัชพืช ในช่วยการปลูก 1-2 ปีแรก จำเป็นต้องกำจัดวัชพืชให้อย่างต่อเนื่องอย่างน้อย 2 เดือน/ครั้ง ด้วยวิธีการไถพรวนดิน ร่วมกับการใช้จอบถากกำจัดวัชพืชรอบโคนต้น แต่เกษตรกรบางรายมักใช้สารเคมีฉีดพ่น แต่ไม่แนะนำ โดยสารเคมีที่ใช้มักเป็นสารฆ่าหญ้าล้มลุกปีเดียว ให้ใช้สารในกลุ่มพาราควอต ซึ่งต้องระวังอย่างให้ละอองสารเคมีสัมผัสกับใบ เพราะสารชนิดนี้จะทำลายพืชทุกชนิดที่มีสีเขียว ละอองยาจะไปถูกกับใบส้มเพราะจะทำให้ใบส้มเสียหาย ส่วนหญ้าที่มีอายุมากกว่า 1 ปี เช่น หญ้าคา ให้ใช้สารในกลุ่มไกรโฟเสทฉีดพ่น (ทวีศักดิ์ ด้วงทอง, 2547)

12.1.5 การเก็บเกี่ยว

ส้มโอมักจะติดผลผลิตเมื่อปลูกแล้วประมาณ 3-4 ปี โดยจะเก็บผลได้หลังจากดอกบานแล้วประมาณ 8 เดือน แต่สามารถเก็บผลได้ตั้งแต่อายุมากกว่า 7 เดือน ทั้งนี้ หากต้นส้มโอออกดอกและติดผลมากจะทำการเด็ดดอกและผลทิ้งตามอายุของต้น และขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของต้น ดังนี้

1) ส้มโออายุ 4 ปี จะปล่อยให้ติดผลประมาณ 10-15 ผล/ต้น
2) ส้มโออายุ 5 ปี จะปล่อยให้ติดผลประมาณ 20-30 ผล
3) ส้มโออายุ 6 ปี จะปล่อยให้ติดผลประมาณ 30-50 ผล
4) ส้มโออายุ 10 ปี ขึ้นไป จะปล่อยให้ติดผลประมาณ 100-120 ผล

ในส่วนของการเก็บเกี่ยวส้มโอเกษตรกรจะนับเวลาหลังติดผลหรือใช้การสังเกตลักษณะและสีของผล ดังนี้

1) เปลือกผลส้มโอมีสีเหลืองอมเขียวหรือเป็นสีเขียวอ่อน
2) จุดสีน้ำตาลหรือจุดของต่อมน้ำมันบริเวณก้นผลจะห่างกัน
3) ก้นผลจะมีลักษณะนิ่มนวลและเมื่อใช้มือกดก้นผลจะรู้สึกนิ่ม
4) เมื่อทำให้เกิดรอยแผลที่ผิวผล และสูดดมจะได้กลิ่นฉุนน้อยมาก

การเก็บผลส้มโอบนกิ่งต่ำ เกษตรกรจะใช้กรรไกรตัดผลได้เลย แต่หากผลบนกิ่งสูง เกษตรกรจะใช้กรรไกรด้ามยาวตัดก้านขั้วผล ซึ่งอาจปีนต้นหรือใช้บันไดช่วย พร้อมใช้ถุงผ้าคอยรับด้านล่างรองรับเพื่อป้องกันผลตกกระแทกกับพื้นดินหลังจากที่เก็บผลส้มโอมาแล้ว หากผลมีการเปื้อนดินหรือมีรอยตำหนิอื่นติดให้ล้างทำความสะอาดออก หลังจากนั้น อาจใช้สารเคลือบผิวเคลือบผลก็ได้ และหากเก็บก่อนการสุกเล็กน้อย แล้วนำมาผึ่ง 1-2 อาทิตย์ก่อนจำหน่ายจะช่วยให้เนื้อส้มโอมีรสฉ่ำหวานมากขึ้น (ทวีศักดิ์ ด้วงทอง, 2547)

12.1.6 สำหรับประโยชน์ของส้มโอตามความเป็นไปของ (ลมุด รัตตากร, 2552) **มีรายละเอียดดังนี้**

1) วิตามินซีช่วยป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟันและกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน
2) วิตามินบี 1 ช่วยในการย่อยอาหาร เสริมสร้างการทำงานของกล้ามเนื้อและหัวใจ
3) วิตามินบี 2 ป้องกันไขมันอุดตันในเส้นเลือด
4) โพแทสเซียมที่ดีต่อการทำงานของหัวใจและกล้ามเนื้อ
5) โฟเลตที่ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจและป้องกันความผิดปกติของทารกในครรภ์
6) สารลิโมนอยด์ (Limonoid) ช่วยล้างพิษและสามารถยับยั้งการเจริญของเนื้องอกและเซลล์มะเร็งได้
7) แคลเซียมช่วยให้กระดูกและฟันแข็งแรง
8) สารเบตาแคโรทีนซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีต่อสายตา

12.2 การผลิตถ่านอัดแท่ง

อดีตประชาชนในชนบทนิยมใช้ถ่านไม้ที่มาจากการนำไม้ฟืนมาเผาเป็นถ่าน แต่ด้วยพระอัจฉริยภาพอันก้าวไกลของพระบาทสมเด็จพระปรมินทร์มหาภูมิพลอดุลยเดช (รัชกาลที่9) ทรงมีพระราชดำริให้วิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนในแต่ละด้านรวมถึงการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ เช่น กะลามะพร้าว และต่อมาได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการนำวัสดุเหลือใช้มาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งมากมาย เช่น แกลบ ฟางข้าวโพด เปลือกมังคุด ผักตบชวา ชานอ้อย เปลือกทุเรียน และเหง้ามันสำปะหลัง เป็นต้น (กรมพัฒนาและการส่งเสริมพลังงาน, 2535) ซึ่งถ่านอัดแท่งที่ผลิตมาจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มปรุงอาหารแทนการใช้ถ่านไม้ ทั้งยังเป็นตัวช่วยในการสร้างรายได้เสริมและการใช้เศษวัสดุเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์และยังช่วยลดในเรื่องการตัดไม้ทำลายป่าเพราะถ่านอัดแท่งไม่มีกลิ่น ไม่มีควัน ไม่มีการแตกประทุ ติดไฟนาน และให้ความร้อนสูง (เด่นนภา จงใจ, 2544)

12.2.1 กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง

กระบวนการในการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ต่างๆ ที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจะต้องผ่านการแปรรูปโดยกระบวนการต่างๆ ให้เหมาะสมก่อนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การเผาถ่าน

เป็นการนำไม้ที่ได้จากการเผาไหม้ภายในบริเวณที่มีอากาศอยู่เบาบางหรือกระบวนการแยกสารอินทรีย์ภายในไม้ในสภาวะที่มีอากาศอยู่น้อยมาก เมื่อมีการให้ความร้อนระหว่างกระบวนการจะช่วยกำจัดน้ำ น้ำมันดิน และสารประกอบอื่นๆ ออกจากไม้ ซึ่งถ่านที่ได้หลังการผลิต

จะมีปริมาณของคาร์บอนสูงและไม่มีความชื้น ทำให้ปริมาณพลังงานในถ่านสูง โดยมีค่าเป็นสองเท่าของปริมาณพลังงานในไม้แห้ง สำหรับกระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปเป็นถ่านเรียกว่า carbonization ซึ่งสามารถแยกกระบวนการดังกล่าวออกได้เป็น 4 ขั้นตอน

- การเผาไหม้ (combustion) เป็นกระบวนการที่ต้องการปริมาณออกซิเจนจำนวนมากระหว่างการเกิดคาร์บอนไนเซชัน โดยให้ความร้อนกับวัสดุภายในเตาเผา

- ดูดความร้อน เพื่อไล่ความชื้นออกจากเนื้อวัสดุใช้อุณหภูมิจนถึง 270 องศาเซลเซียส ความชื้นจะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งหมดไป ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณไอน้ำสีขาวที่เกิดขึ้นจนหนาทึบ

- คายความร้อน โดยเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิ 250-300 องศาเซลเซียส ในระหว่างปฏิกิริยาคายความร้อนจะมีการเกิดก๊าซต่างๆ ส่วนใหญ่เป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และนอกจากนี้ยังเกิดกรดอซิติก เมทิลแอลกอฮอล์ และสารพวกน้ำมันดิน ในขั้นตอนนี้องค์ประกอบที่ระเหยได้ที่ยังคงอยู่ในกระบวนการจะถูกขับออกไป ซึ่งจะทำให้ปริมาณคาร์บอนของถ่านเพิ่มขึ้น

- เป็นการนำผลิตภัณฑ์ถ่านมาทำให้เย็น ซึ่งจะใช้เวลาหลายชั่วโมงขึ้นอยู่กับชนิดของเตาเผาที่ใช้ในการผลิต คุณภาพของถ่านที่ผู้ใช้ยอมรับได้ คือ ต้องมีปริมาณคาร์บอนคงตัว เปอร์เซ็นต์สารระเหยได้ต้องน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ขี้เถ้าประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ และความหนาแน่นประมาณ 0.25-0.30 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งถ่านจะมีคุณสมบัติเปราะปานกลาง (กัญญา เม้ามีทรัพย์, 2544)

2) การบดย่อย (Grinding) ลักษณะผงถ่านที่นำมาใช้ในการอัดแท่งจะต้องละเอียดพอที่จะนำไปขึ้นรูปได้ดี โดยขนาดของผงถ่านที่ใช้นั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของถ่าน และวิธีการทำผงถ่านให้เป็นแท่ง วิธีการบดย่อยสามารถทำได้หลายวิธีไม่ว่าจะเป็นการใช้เครื่องบด เครื่องสับ และเครื่องป่นวัสดุ หรือวิธีที่ง่ายที่สุดก็คือการบดด้วยมือโดยอาจใช้ครก และสากเป็นอุปกรณ์ซึ่งวิธีนี้ต้องการแรงงานมาก และใช้เวลานาน (ธารินี มหายศนันท์, 2548)

3) ตัวประสาน คือ วัสดุที่ทำให้ผงถ่านยึดติดกัน ตัวประสานที่นิยมใช้ในการทำถ่านอัดแท่ง คือ แป้งมันสำปะหลัง ซึ่งทำจากมันสำปะหลัง มีลักษณะเป็นผงสีขาว โดยจะอยู่ในรูปของกาวแป้งเปียก โดยการนำแป้งมันสำปะหลังมาผสมกับน้ำแล้วนำไปให้ความร้อนคนจนเป็นสีใสเป็นกาวแป้งเปียกทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาใช้งาน กาวแป้งเปียกที่ทำมาจากแป้งมันสำปะหลัง หาได้ง่าย ไม่มีความเป็นพิษ ราคาถูก ให้ค่าความร้อนสูง (เจริญศักดิ์ โรจน์ฤทธิ์เชษฐ์, 2550)

4) การผสม เป็นขั้นตอนการนำผงถ่านที่ผ่านการบดแล้วผสมกับตัวประสานเพื่อให้ผงถ่านยึดติดกัน พร้อมสำหรับการอัดเป็นแท่ง ซึ่งอัตราส่วนระหว่างผงถ่านกับตัวประสานเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง (ธารินี มหายศนันท์, 2548)

5) การอัดแท่ง หลักการผลิตถ่านอัดแท่งมี 2 วิธี คือ

- การอัดร้อน เป็นการอัดวัสดุโดยที่วัสดุไม่จำเป็นต้องเป็นถ่านมาก่อน เมื่ออัดเป็นแท่งเสร็จแล้ว ค่อยนำเข้าเตาให้เป็นถ่านอีกครั้งหนึ่ง วัสดุที่สามารถผลิตโดยวิธีการอัดร้อน มี 2 ชนิด คือ แกลบ และขี้เลื้อย เพราะวัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้เมื่อโดนอัดด้วยความร้อน จะมีสารในเนื้อของวัสดุยึดตัวมันเอง จึงทำให้สามารถยึดเกาะเป็นแท่งได้ โดยที่ไม่ต้องใช้ตัวประสาน โดยที่เครื่องอัดต้องเป็นเครื่องอัดชนิดอัดร้อน ซึ่งราคาค่อนข้างสูง

- การอัดเย็น เป็นการอัดวัสดุที่เผาถ่านมาแล้ว แล้วนำมาผสมกับแป้งมันสำปะหลังหรือวัสดุประสานอื่นๆ โดยทั่วไปจะเป็นจะเป็นแป้งมันสำปะหลัง ถ้าวัสดุใดมีขนาดใหญ่ เช่น กะลามะพร้าว เมื่อผ่านการเผาแล้ว ต้องมีเครื่องบดให้ละเอียดก่อน แล้วค่อยนำมาผสมกับแป้งมันสำปะหลัง และน้ำในอัตราส่วนตามที่ต้องการ (เอกพงศ์ มุสิกะเจริญ, 2554)

6) การตากแห้ง เนื่องจากเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ยังมีปริมาณความชื้นสูง จึงต้องนำไปตากให้แห้งเพื่อเป็นการลดความชื้น และเพื่อทำให้เชื้อเพลิงแข็งตัวเกาะกันแน่น ซึ่งวิธีที่ง่ายและถูกที่สุด สำหรับการทำให้แห้งก็คือการนำไปผึ่งแดดจนกว่าถ่านจะแห้งสนิท (ธารินี มหายศนันท์. 2548)

12.2.2 ข้อดีข้อเสียถ่านอัดแท่ง

ข้อดี

1) มีขนาดและรูปร่างแบบเดียวกัน สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้อย่างสะดวกและใช้ได้ง่าย
2) สมบัติทางกายภาพ มีความร้อนที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือนได้
3) ปราศจากมลภาวะ ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมมลภาวะที่มีราคาสูง
4) มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์
5) สะดวกต่อการเก็บและนำมาใช้งาน

ข้อเสีย

1) คุณสมบัติการเผาไหม้ยังไม่เป็นที่ต้องการ เช่น เมื่อถูกน้ำหรืออากาศที่ชื้นสูง
2) การอัดแท่งใช้แรงอัดสูง เป็นต้นเหตุหนึ่งที่ทำให้กระบอกอัดและสกรูสึกหรอได้ง่ายจากการขัดสี

12.3 สมบัติเฉพาะตัวของถ่านอัดแท่ง

12.3.1 สมบัติทั่วไปของถ่านอัดแท่ง (ณัฐวุฒิ อุตมหาราช, 2549)

สำหรับสมบัติโดยทั่วไปของถ่านอัดแท่งที่ใช้กันทั่วไปมีดังนี้

1) ให้ความร้อนสูง เนื่องจากเป็นถ่านที่ได้รับการเผาไหม้เต็มที่สามารถใช้งานได้นานกว่าถ่านไม้ธรรมดาถึง 2.5 – 3 เท่า

2) ประหยัด เพราะใช้ได้นาน ไม่แตก และไม่ดับเมื่อติดแล้ว ทำให้ไม่มีการเสียเปล่าเนื่องจากถ่านจะเผาไหม้จนกว่าจะกลายเป็นขี้เถ้า

3) ไม่แตกประทุอย่างถ่านไม้ทั่วไป

4) ไม่มีควัน เนื่องจากความชื้นน้อยมาก

5) ไม่มีกลิ่น เพราะผลิตจากวัสดุธรรมชาติ 100% ไม่ผสมสารเคมีใดๆ

6) ไม่ดับกลางคัน แม้ว่าจะใช้ในที่ที่อากาศถ่ายเทน้อย ทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนถ่านบ่อยๆ

7) ให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอ ไม่วูบวาบ

8) มีความแข็งสูงจะช่วยลดการแตกหักหรือเป็นผง ทำให้สะดวกต่อการใช้การขนส่งและการเก็บรักษา

12.3.2 สมบัติหรือข้อกำหนดตามมาตรฐาน

การทดสอบสมบัติทางเชื้อเพลิง วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553) ดังนี้

1) ปริมาณความชื้น (Moisture Content) คือ ปริมาณความชื้นต่อปริมาณของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งอบแห้ง ความชื้นมีผลทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งลดลง และทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งแตกร่วนได้ง่าย

2) ปริมาณเถ้า (Ash Content) คือ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาปภายในเตาเผาที่มีอุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วย ซิลิกา แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์

3) สารที่ระเหยได้ (Volatile Matters) ปริมาณสารระเหย คือ ส่วนของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งหลังจากที่ระเหยได้ ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน ออกซิเจนและโฮโดรเจน

4) คาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) คือ มวลของคาร์บอนที่เหลือในเชื้อเพลิงอัดแท่งหลังจากที่เอาสารระเหยออกไปแล้วที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส

5) ค่าความร้อน (Calorific Value or Heating Value) ค่าความร้อนของ การสันดาปจะขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิงอัดแท่ง (ประลอง ดารงไทย, ออนไลน์. 2550)

12.3.3 สมบัติเฉพาะตัว

ค่าความร้อน (Heating Value) นำไปจัดแบ่งคุณภาพของเชื้อเพลิง นอกจากนี้ ยังเป็นตัวแปรสำคัญที่จะบ่งชี้ปริมาณความร้อนที่ปล่อยออกมา ถ่านอัดแท่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่งกำหนดให้มีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม และค่าความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเป็นตัวชี้สมบัติของเชื้อเพลิงอย่างหนึ่ง เชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูงถือว่าเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพดี เช่น ถ่านที่มีค่าความร้อนสูง ถือว่าเป็นถ่านที่มีคุณภาพดี แต่สำหรับการใช้ถ่านในการหุงต้มในครัวเรือนนั้น ถ่านที่ถือว่ามีคุณภาพดีที่สุดนั้น ไม่จำเป็นต้องเป็นถ่านที่มีค่าความร้อนสูงสุด แต่ต้องมีสมบัติที่ดีของถ่านทางด้านอื่น ๆ ด้วย (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ออนไลน์), 2547) ดังนี้

1) น้ำหนักถ่าน ถ่านหนักจะลุกไหม้ให้ความร้อนแรงได้นาน

2) ควัน ถ่านที่มีคุณภาพดีไม่ควรจะมีควัน และกลิ่นฉุนในขณะลุกไหม้

3) ความแข็งแรง ถ่านที่มีความแข็งสูงจะช่วยลดการแตกหักหรือป่นเป็นผง ทำให้สะดวกต่อการใช้ การขนส่งและการเก็บรักษา

4) การแตกปะทุขณะติดไฟ ถ่านที่แตกปะทุขณะติดไฟผู้ใช้จะไม่ชอบ ไม่นิยมใช้ ดังนั้นถ่านที่มีคุณภาพดีจะไม่มีการแตกปะทุเลย หรือมีการแตกปะทุเล็กน้อยในช่วงนาทีแรกที่ติดไฟ

คุณสมบัติของถ่านอัดแท่งที่ดี สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ข้อหลักๆ ข้อแรก คือ คุณสมบัติด้านการจัดการ หมายถึง ถ่านอัดที่ได้ไม่ควรร่วน หรือแตกแยกออกเป็นส่วนๆ ในระหว่างการจัดการเก็บรักษาและการเคลื่อนย้าย และข้อที่ 2 คือ คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง โดยจะเกี่ยวเนื่องกับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ รูปร่างและความหนาแน่นที่ได้ ซึ่งในการปรับปรุงคุณสมบัติด้านการจัดการโดยเพิ่มความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง จะมีผลกระทบต่อคุณสมบัติการเผาไหม้ด้วย

13. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำวัสดุเหลือใช้จากทางการเกษตรมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง มีรายละเอียดดังแสดงใน**ตารางที่ 2.5-1**

ตารางที่ 13-1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง

วิจัย	ผลการศึกษา	อ้างอิง
1) การศึกษาวิจัยพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน	การศึกษาโดยการนำเปลือกทุเรียนที่เหลือทิ้ง มาสับด้วยเครื่องหันย่อยซากพืชให้มีขนาดประมาณ 8 มิลลิเมตร นำไปตากแดดให้มีความชื้นพอเหมาะต่อการอัดแท่งทั้งสองแบบแล้วนำไปอัดแท่งเชื้อเพลิงทั้งชนิดแบบอัดร้อนและอัดเย็นนำแท่งเชื้อเพลิงแข็งมาวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนจากการอัดแท่งทั้งชนิดอัดร้อนและอัดเย็นของทุเรียนทั้งสองสายพันธุ์ จะมีปริมาณขี้เถ้า (Ash Content) และสารละเหย (Volatile Matters) ใกล้เคียงกันคือร้อยละ 5.5–8.0 และ72.4–81.1 สำหรับค่าคาร์บอนเสถียร (Fixed Carbon) ของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดร้อน มีค่าเท่ากับร้อยละ 10.2 และ 7.2 สำหรับเปลือกทุเรียนของสายพันธุ์ชะนีและหมอนทอง ซึ่งจะสูงกว่าค่าคาร์บอนเสถียรของการอัดเย็นที่ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 4.3 -7.6 ในด้านค่าความร้อนของเปลือกทุเรียนอัดแท่งทั้งแบบอัดร้อนและอัดเย็น อยู่ระหว่าง 3,609 – 3,844 แคลอรี/กรัมโดยแท่งเชื้อเพลิงแบบอัดร้อนจะให้ค่าความร้อนสูงกว่าแบบอัดเย็นเล็กน้อย ค่าความหนาแน่นของเปลือกทุเรียนอัดแท่งแบบอัดร้อนจะมีค่า 2.9 และ3.2กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ทั้งสองสายพันธุ์มีค่าการทนแรงอัดต่ำ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง5.5–12.2 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ค่าการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้พบว่าการอัดร้อนจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าสูง คือมีค่าระหว่าง 0.440–0.456 กิโลวัตต์/กิโลกรัม ในขณะที่การอัดเย็นจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเพียง 0.050ถึง0.069 กิโลวัตต์/กิโลกรัม โดยทั่วไปเปลือกทุเรียนจะสามารถนำมาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงเพื่อใช้เป็นพลังงานความร้อนในครัวเรือนแทนฟืนและถ่านจากไม้ได้	ธัญญรัตน์ อินทร์เจริญ (2549)

วิจัย	ผลการศึกษา	อ้างอิง
2) การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ของยางพารา	โดยทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ของยางพาราซึ่งงานวิจัยนี้ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากไม้ยางพาราและเปลือกนอกของเมล็ดยางพาราที่ให้ค่าพลังงานเชื้อเพลิงมากที่สุดทำการทดลองโดยนำถ่านจากไม้ยางพารามาผสมกับถ่านจากเปลือกนอกของเมล็ดยางพาราในอัตราส่วนต่างๆกัน โดยใช้ตัวประสาน 2 ชนิด คือ ถ่านที่ใช้น้ำแป้งสุกเป็นตัวประสาน (A1 – A11) และถ่านที่ใช้ดินเหนียวละลายนำเป็นตัวประสาน (B1 – B11) เมื่อนำไปหาค่าพลังงานความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์พบว่า ถ่านสูตร A1 (ไม้ยางพารา) และถ่านสูตร B11(เปลือกนอกของเมล็ดยางพารา) มีค่าพลังงานความร้อนมากที่สุดและน้อยที่สุด คือ 4666.66 และ 3119.12 cal/g ตามลำดับ	พรรณรัตน์ เกิดภาคี, ภารดี ก่อวุฒิกุลรังสี และอัคคณิต คามเกตุ (2549)
3) การศึกษาพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	โดยศึกษาพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์พบว่าเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สามารถนำมาเผาด้วยเตาเผาแบบอังโล่ เตาเผาแบบอุณหภูมิสูง และเตาเผาแบบแผ่นเหล็กได้ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์คงรูปร่างลักษณะเดิมนำมาเข้าเครื่องบดละเอียดได้เป็นผงถ่าน ผสมผงถ่านกับแป้งมัน ในอัตราส่วน 5:1 (โดยละลายแป้งมันในน้ำร้อน 1ลิตร จนเป็นกาวแป้งเปียก) ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน นำมาเข้าเครื่องอัดแท่งด้วยเครื่องอัดมือ ได้แท่งเชื้อเพลิงคงรูปไม่แตกหักเมื่อนำไปตากแดดจนแห้งสนิทแล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิง พบว่าเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงในครัวเรือน	สังเวย เสวกวิหา (2553)

วิจัย	ผลการศึกษา	อ้างอิง
4) การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุชีวมวล	โดยศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุชีวมวล การทดลองนำเศษวัสดุชีวมวล คือ เปลือกกล้วยน้ำว้าพบว่าเมื่อนำเปลือกกล้วยน้ำว้ามาเผาเป็นถ่านด้วยเตาเผาเดี่ยวมีเปอร์เซ็นผลผลิตถ่านเฉลี่ย 17:13 เปอร์เซ็น และมีพลังงานความร้อนเฉลี่ย6771.16 แคลอรีต่อกรัม โดยใช้เปลือกกล้วยสับ 200 กรัม ผสมกับกาวแป้งมันสำปะหลังที่มีความเข้มข้นของแป้งต่อน้ำโดยน้ำหนักเท่ากับ 3,5,8 และ10 เปอร์เซ็น พบว่าทุกความระดับความเข้มข้นของกาวสามารถอัดแท่งได้อัตราส่วนที่ให้ ถ่านอัดแท่งที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดคืออัตราส่วนที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง10 เปอร์เซ็น ถึงถ่านอัดแท่งมีค่างานที่ได้ 1.85 ประสิทธิภาพการใช้งาน 24.76 เปอร์เซ็น อัตราการเผาไหม้ 6.64 กรัมต่อนาที และพลังงานความร้อนเฉลี่ย 5718.25 แคลอรีต่อกรัม	ลักษมีสุทธิวิไลรัตน์ (2545)
5) เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกอุตสาหกรรมผลิตเอธานอลและชีวมวล	โดยศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกอุตสาหกรรมผลิตเอธานอลและชีวมวลงาน วิจัยนี้ได้นำเปลือกมังคุดและเปลือกทุเรียนเข้ามาผสมร่วมเพื่อเพิ่มคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งใน 5 อัตราส่วน ดังนี้ 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 และ 5:5 ทั้งเปลือกมังคุดและเปลือกทุเรียน รวม 10 ตัวอย่าง พบว่า อัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดโดยที่มีกากตะกอนเปียกเป็นตัวผสมหลักคือ5:5 ทั้งเปลือกมังคุดหรือเปลือกทุเรียนทั้ง 2 ตัวอย่าง มีค่าความร้อนและปริมาณคาร์บอนคงตัวเพิ่มมากขึ้นแปรผันตรงตามอัตราส่วนผสมของชีวมวลที่เพิ่มขึ้นและยังทำให้ปริมาณเถ้าและสารระเหยน้อยลงตามลำดับ โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุดในอัตราส่วน 5 : 5 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนมากที่สุด คือ 4,665 cal/g และมีสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงดีที่สุดและสามารถคืนทุนในระยะเวลาอันสั้น	เอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร (2556)

14. วัตถุดิบ วัสดุ และอุปกรณ์

14.1 วัตถุดิบที่ใช้วิจัย

1) เปลือกส้มโอ
2) แป้งมันสำปะหลัง
3) น้ำสะอาด

14.2 วัสดุที่ใช้วิจัย

1) หม้ออะลูมิเนียม เบอร์ 20
2) กระสอบ
3) ถาดอะลูมิเนียม
4) เตาเผาถ่าน ขนาด 200 ลิตร
5) ตะแกรงร่อนขนาดรู 1 มิลลิเมตร
6) เตาถ่าน
7) ถังพลาสติก
8) โกร่ง
9) บีกเกอร์
10) ถุงมือกันความร้อน
11) เทอร์โมมิเตอร์
12) แท่งแก้ว
13) ถ้วย Crucible

14.3 อุปกรณ์ที่ใช้วิจัย

1) เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter) รุ่น C5000 ยี่ห้อ IKA
2) ตู้อบ (Hot Air Oven) รุ่น D-91126Schwabachยี่ห้อ Memmert
3) โถดูดความชื้น (Desiccators)
4) เตาเผา (Furnace) รุ่น RWF1100 ยี่ห้อ CARBOLITE

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

6) เครื่องอัดถ่านอัดแท่ง (ใช้แรงคน)

15 วิธีการวิเคราะห์

การศึกษานี้ประกอบไปด้วย 8 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมวัตถุดิบสำหรับการผลิตถ่านอัดแท่ง การทดสอบค่าความร้อนของวัตถุดิบก่อนนำมาผลิตถ่านอัดแท่ง การเตรียมอัตราส่วนเพื่อผลิตถ่านอัดแท่ง การผลิตถ่านอัดแท่ง การทดสอบลักษณะทั่วไปของถ่านอัดแท่ง การทดสอบการบีบและการตกกระแทกของถ่านอัดแท่ง การทดสอบสมบัติถ่านอัดแท่ง การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานถ่านอัดแท่ง

15.1 การเตรียมวัตถุดิบสำหรับการผลิตถ่านอัดแท่ง

1) การเตรียมเปลือกส้มโอ เก็บรวบรวมเปลือกส้มโอที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากร้านขายผลไม้ตลาดและสวนผลไม้ในพื้นที่ ตำบลเกาะทวด อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช และนำเปลือกส้มโอที่ได้มาตากแดดจนแห้งสนิทเป็นเวลา 1 สัปดาห์

2) การเผาเปลือกส้มโอให้เป็นถ่าน (ธเนศ ชัยชนะ, 2559) โดยมี 5 ขั้นตอน ดังนี้

2.1) นำเปลือกส้มโอมาเรียงลงในเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร ทำการปิดฝาเตาให้สนิท

2.2) เริ่มทำการจุดเชื้อเพลิง บริเวณหน้าเตาที่ช่องเชื้อเพลิง โดยจุดไฟอยู่บริเวณปากของช่องเชื้อเพลิง เติมฟืนเรื่อยๆ ช่วงนี้จะใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

2.3) สังเกตควันที่ปล่องควัน ขณะทำการไล่ความชื้น ควันที่ออกมาจะมีสีขาว ถ้าความชื้นถูกไล่หมด (ประมาณ 2 ชั่วโมง หลังจากจุดเตา) จะเห็นควันที่ปล่องควัน ลักษณะเป็นควันขาวขุ่นปนเทา พุ่งออกมาจำนวนมาก เรียกว่าควันบ้า

2.4) เมื่อเกิดควันบ้าให้หยุดป้อนเชื้อเพลิง หลังจากหยุดการป้อนเชื้อเพลิง หน้าเตาจะต้องควบคุมอากาศโดยการหรี่หน้าเตา ปิดหน้าเตาให้เหลือไว้ประมาณ 1 ใน 4

2.5) หลังจากควันเริ่มใส มีเฉพาะไอร้อนออกจากปล่องควัน ให้ปิดปล่องควันและหน้าเตาทิ้งให้เตาเผาถ่านเย็นตัวลง ประมาณ 3-4 ชั่วโมง หรือทิ้งไว้ค้างคืน ตอนเช้าสามารถ เปิดเตาเก็บถ่านและเผาต่อในครั้งต่อไปได้

3) การเตรียมผงถ่าน

นำถ่านเปลือกส้มโอที่เผาได้มาบดด้วยโกร่งให้ละเอียดจนเป็นผงถ่าน จากนั่นนำไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร

4) การเตรียมตัวประสาน

เตรียมโดยใช้แป้งมันสำปะหลังและน้ำในสัดส่วน แป้งมันสำปะหลัง 200 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร มาให้ความร้อน และกวนจนมีลักษณะเหนียวข้นเป็นแป้งเปียก (สุไวดา หลังยาหน่าย และเสาวลักษณ์ ลิ่มศรีพุทธิ์, 2560)

15.2 การทดสอบค่าความร้อนของวัตถุดิบก่อนนำมาผลิตถ่านอัดแท่ง

ในขั้นตอนนี้จะทำการทดสอบค่าความร้อนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง ได้แก่ ผงถ่านเปลือกส้มโอซึ่งเป็นวัตถุดิบหลัก และแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน โดยทำการทดสอบค่าความร้อนของวัตถุดิบทั้งสองตามมาตรฐาน ASTM D 5865 (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553) โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

1) บดตัวอย่างเชื้อเพลิงจนละเอียดและต้องไม่มีความชื้น นำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลประมาณ 1 กรัม โดยใช้กระดาษชั่งสารรองรับตัวอย่าง

2) นำตัวอย่างมาอัดเป็นเม็ดโดยเครื่องอัดเม็ด (Pellet press) และชั่งน้ำหนัก

3) นำตัวอย่างใส่ลงในบอมบ์ โดยวางบนถ้วยบรรจุเชื้อเพลิงและติดตั้งลวดสำหรับจุดระเบิด โดยการติดตั้งลวดจุดระเบิดนั้นต้องให้ลวดสัมผัสตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ

4) เปิดสวิทช์เครื่องบอมบ์แคลอรี่มิเตอร์ทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที ก่อนการทดสอบตัวอย่าง เพื่อให้อุณหภูมิคงที่ตามที่ได้ตั้งค่าไว้

5) นำบอมบ์ที่ใส่ตัวอย่างประกอบเข้ากับฝาล็อคบอมบ์ที่ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ รวมถึงท่อออกซิเจนและไฟฟ้า ใส่หมายเลขตัวอย่าง น้ำหนักตัวอย่าง (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ตามลำดับจนครบ กด start เครื่องจะเริ่มทำงานและหาอุณหภูมิคงที่ หลังจากนั้นจะมีสัญญาณเตือน และเริ่มมีการจุดระเบิด หลังจากมีการจุดระเบิดแล้วประมาณ 3-4 นาที เครื่องจะมีสัญญาณเตือนอีกครั้งซึ่งค่าความร้อนจะปรากฏขึ้นมาบนจอแสดงผล

15.3 การเตรียมอัตราส่วนเพื่อผลิตถ่านอัดแท่ง

นำผงถ่านเปลือกส้มโอผสมกับตัวประสานที่เตรียมไว้ในข้อที่ 15.1 มาผสมตามอัตราส่วนต่างๆ ดังแสดง**ตาราง 15-1** โดยการผสมด้วยมือ (สุไวดา หลังยาหน่าย และเสาวลักษณ์ ลิ่มศรีพุทธิ์, 2560)

ตารางที่ 15–1 อัตราส่วนผงถ่านเปลือกส้มโอต่อตัวประสาน

ตัวอย่าง	อัตราส่วน	ถ่านเปลือกส้มโอ (กิโลกรัม)	ตัวประสาน (กิโลกรัม)
1	1.0:0.5	0.500	0.250
2	1.0:0.75	0.500	0.375
3	1.0:1	0.500	0.500
4	1.0:1.5	0.500	0.750
5	1.0:2	0.500	1.000

15.4 การผลิตถ่านอัดแท่ง

นำผงถ่านเปลือกส้มโอกับตัวประสานที่เตรียมไว้ด้วยอัตราส่วนต่างๆที่เตรียมไว้ข้างต้น (ข้อที่3.4.3) ไปอัดแท่งโดยเครื่องอัดแท่งถ่าน (ใช้แรงคน) ซึ่งถ่านอัดแท่งที่ได้จะมีรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4.5 เซนติเมตร ความสูงประมาณ 8 เซนติเมตร และมีรูตรงกลางเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 เซนติเมตร นำถ่านอัดแท่งที่ได้ไปตากแดดเพื่อลดความชื้นโดยตากแดดประมาณ 1 สัปดาห์ ขึ้นกับสภาพอากาศจนแท่งถ่านที่ผลิตได้แห้ง จากนั้นเก็บใส่ถุงพลาสติก มัดปากถุงให้แน่น

การตรวจสอบความชื้นของถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้อย่างง่าย โดยการนำถุงพลาสติกมาห่อแท่งถ่านเอาไว้ปิดให้สนิทนำไปตากแดดทิ้งไว้ประมาณครึ่งชั่วโมง สังเกตไอน้ำที่ถุงพลาสติกถ้ามีน้ำอยู่แสดงว่าถ่านอัดแท่งยังมีความชื้นสูงควรนำไปตากแดดต่อ (ธารินี มหายศนันท์, 2548)

15.5 การทดสอบลักษณะทั่วไปของถ่านอัดแท่ง

ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มเลือกถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอที่ผลิตได้ในรุ่นเดียวกัน เพื่อนำมาตรวจสอบ รูปทรง ขนาด และสี โดยการตรวจพินิจ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547 ; 2547 ; 2547 ; 2547 ; ก)

15.6 การทดสอบการบีบและการตกกระแทกของถ่านอัดแท่ง

การทดสอบการบีบและการตกกระแทกเป็นการทดสอบเพื่อดูความสามารถของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอในการคงรูปเป็นแท่งและความแกร่งของถ่าน โดยมีรายละเอียดวิธีการทดสอบ (สุไวดา หลังยาหน่าย และเสาวลักษณ์ ลิ่มศรีพุทธิ์, 2560) ดังนี้

1) การทดสอบการบีบ ทำได้โดยการใช้มือบีบก้อนถ่านอัดแท่ง เพื่อดูว่าก้อนถ่านที่ทดสอบเกิดการแตกหักขึ้นหรือยังคงรูปเดิม

2) การตกกระแทก ทำได้โดยการปล่อยถ่านอัดแท่งที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร และ 100 เซนติเมตร เพื่อดูว่าก้อนถ่านอัดแท่งที่ปล่อยลงมามีการแตกหักหรือคงรูปเดิมของก้อนถ่าน

จากนั้นเลือกถ่านอัดแท่งจากเปลือกถั่วลิสงที่มีอัตราส่วนที่เหมาะสม (ยังคงรูปเดิม ไม่แตกหัก) เพื่อทำการวิเคราะห์สมบัติการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอและประสิทธิภาพการใช้งานต่อไป

15.7 การทดสอบสมบัติถ่านอัดแท่ง

การทดสอบสมบัติทางเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ โดยการนำถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร แล้วนำไปทดสอบสมบัติของถ่านอัดแท่ง ประกอบไปด้วยพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังแสดงรายละเอียดใน**ตาราง ที่ 15.7-1** (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553)

ตารางที่15.7–1 การทดสอบสมบัติของถ่านอัดแท่ง

พารามิเตอร์	วิธีการทดสอบ
ปริมาณความชื้น	ตามมาตรฐาน ASTM D 3173
ปริมาณสารระเหย	ตามมาตรฐาน ASTM D 3175
ปริมาณเถ้า	ตามมาตรฐาน ASTM D 3174
ปริมาณคาร์บอนคงตัว	ตามมาตรฐาน ASTM D 3172
ค่าความร้อน	ตามมาตรฐาน ASTM D 5865

16. การวิเคราะห์ข้อมูล

16.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1) การใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน การนำเสนอผลการศึกษาสมบัติและประสิทธิภาพของถ่านอัดแท่ง

2) การใช้สถิติอ้างอิง ได้แก่ การทดสอบด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM เพื่อวิเคราะห์หาค่าปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์บอนคงตัว และค่าความร้อน

16.2 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น

การศึกษาต้นทุนผลิตเบื้องต้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ ซึ่งวิเคราะห์การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและค่าดำเนินการ มาใช้ในการสรุปผลการศึกษา และเปรียบเทียบราคากับถ่านอัดแท่งและถ่านไม้ที่ขายตามท้องตลาด

17. แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ระยะที่ทำการวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอใช้เวลาในการศึกษาตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2560 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2561 ดังแสดงรายละเอียดใน **ตารางที่ 17.1** และโครงร่างวิจัยในการศึกษาวิจัยนี้ได้แสดงไว้ใน **ภาคผนวก ค**

ตารางที่ 17.1 แผนการดำเนินโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินการวิจัย															
	2560					2561										
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
รวบรวมข้อมูลและตรวจเอกสาร	—	—														
สอบโครงร่างวิจัย		◆														
ทำการทดลองภาคสนาม			—	—	—	—										
ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ						—	—	—								
สอบรายงานความก้าวหน้าวิจัย								◆								
วิเคราะห์ผลและสรุปผล									—	—	—					
การเขียนเล่มวิจัย											—	—	—	—		
สอบจบวิจัยเฉพาะทาง															◆	
แก้ไขเล่มวิจัยและส่งเล่มวิจัยฉบับสมบูรณ์															—	—

หมายเหตุ ◆ หมายถึง ช่วงดำเนินการสอบวิจัย

— หมายถึง ช่วงระยะเวลาที่ทำการวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

18. งบประมาณ

รายการ	งบประมาณตลอดโครงการ
ค่าใช้สอย	
- ค่าบริการสืบค้นข้อมูล	300
ค่าวัสดุ	
- ค่าเอกสารในการเก็บรวบรวมข้อมูล	400
- ค่าวัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย	300
- ค่าจัดทำรูปเล่ม	1,500
รวม	**2,500**

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ง

ภาพประกอบขั้นตอนการดำเนินวิจัย

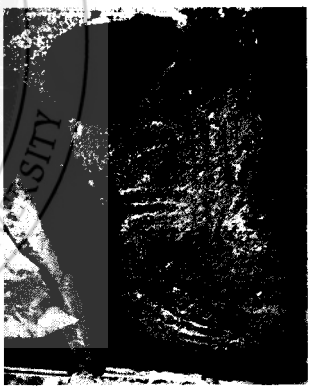
ภาพประกอบการวิจัย

นำเปลือกส้มโอตากแดดให้แห้ง

นำเปลือกส้มโอที่ตากแห้งแล้วมารวบรวมใส่ถุงไว้

ภาพที่ ผง-1 การเตรียมเปลือกส้มโอ

เรียงเปลือกส้มโอลงในถังน้ำมัน 200 ลิตร



ทำการ ปิดเตาเผา

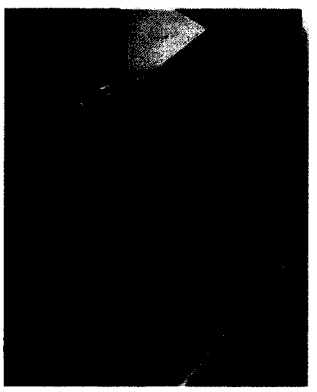
จุดเชื้อเพลิงหน้าเตาเผาและเติมเชื้อเพลิงเรื่อยๆ เมื่อครบ 2 ชั่วโมง

เมื่อครบ 2 ชั่วโมง ลดหน้าเตาเหลือ ½ ของหน้าเตาและเผาต่ออีก 2.30 ชั่วโมง

สังเกตจนควันหมดทำการปิดหน้าเตาและปล่องควันทิ้งไว้เป็นเวลา 1 คืน

ถ่านเปลือกส้มโอ

ภาพที่ ผง-2 การเผาเปลือกส้มโอ



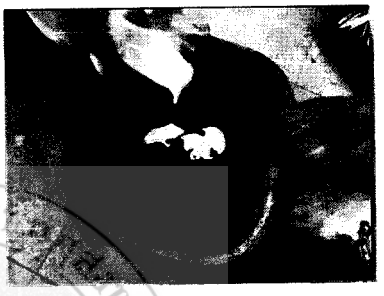
ชั่งแป้งมันแล้วนำไปให้ความร้อนกวนจนกาวเข้าเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำให้มีลักษณะเหนียวข้นเป็นแป้งเปียก

ภาพที่ ผง-3 การเตรียมตัวประสาน (กาวแป้งเปียก)

โขลกบดถ่านเปลือกส้มโอให้เป็นผงละเอียด

นำไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 1 ไมครอน

ชั่งผงถ่านเปลือกส้มโอ



ผสมตัวประสานลงในผงถ่านแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากัน

เครื่องอัดแท่งถ่านโดยใช้แรงคน

ชั่งน้ำหนักถ่านอัดแท่งก่อนตากแดด

นำถ่านอัดแท่งไปตากแดด

ชั่งน้ำหนักถ่านอัดแท่งหลังตากแดด

ภาพที่ ผง-4 การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

ทดสอบการบีบถ่านอัดแท่ง

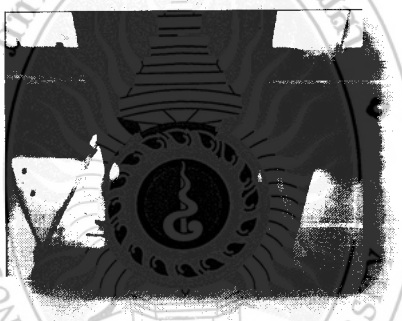
ทดสอบการตกกระแทกที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร

ทดสอบการตกกระแทกที่ระดับความสูง 100 เซนติเมตร

ภาพที่ ผง-5 ทดสอบการบีบและการตกกระแทกของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

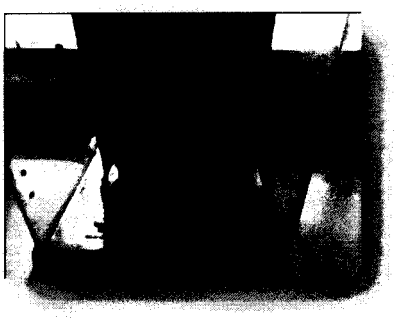
ทดสอบปริมาณความชื้น (ตามมาตรฐาน ASTM D 3173)

นำถ้วย Crucible ที่สะอาดไปใส่ในโถดูดความชื้น เวลา 1 ชั่วโมง อบที่อุณหภูมิ 105 องศา เวลา 30 นาที



ชั่งน้ำหนักถ้วย แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1 กรัม(W_1)

นำถ้วย Crucible ใส่ตัวอย่างใส่ในโถดูดความชื้นเวลา 3 ชั่วโมง อบที่อุณหภูมิ 105 องศา เป็นเวลา 1 คืน



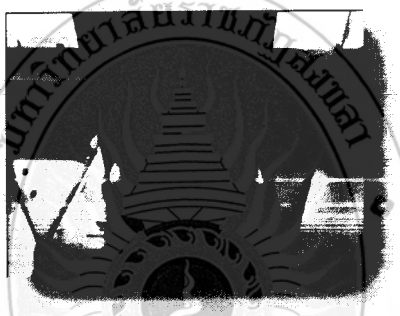
ชั่งน้ำหนัก(W_2)

ทดสอบปริมาณเถ้า (ตามาตรฐาน ASTM D 3174)

นำถ้วย Crucible ที่สะอาดไปใส่ในโถดูดความชื้น เวลา 1 ชั่วโมง อบที่อุณหภูมิ 105 องศา เวลา 30 นาที

ชั่งน้ำหนักถ้วย(W_3) แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1 กรัม

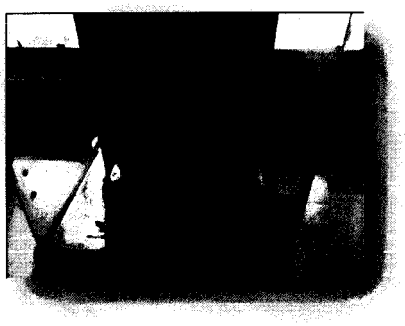
เผาที่อุณหภูมิ 750 องศา เวลา 4 ชั่วโมงใส่ในโถดูดความชื้นเวลา 1 ชั่วโมง



ชั่งน้ำหนัก(W_4)

ทดสอบปริมาณสารระเหย (ตามาตรฐาน ASTM D 3175)

เผา Crucible พร้อมฝาใส่ในโถดูดความชื้นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 950 องศา เวลา 30 นาที

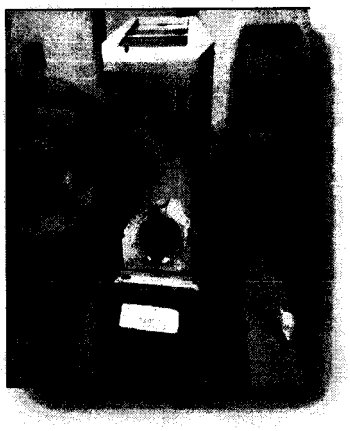
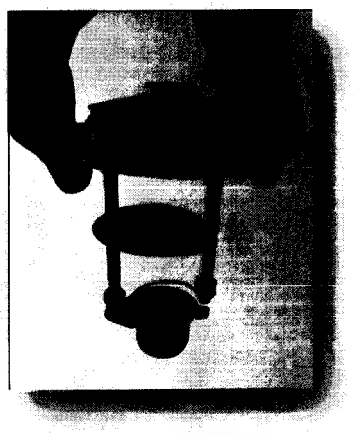


ชั่งน้ำหนักถ้วยแล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1 กรัม(W_5)

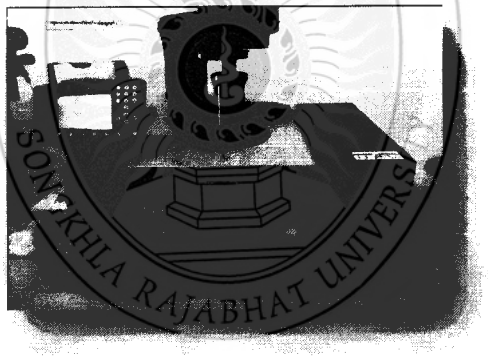
เผาที่อุณหภูมิ 950 องศา เวลา 7 นาทีใส่ในโถดูดความชื้นเวลา 2 ชั่วโมง

ชั่งน้ำหนัก(W_6)

ทดสอบค่าความร้อน (ตามมาตรฐาน ASTM D 5865)

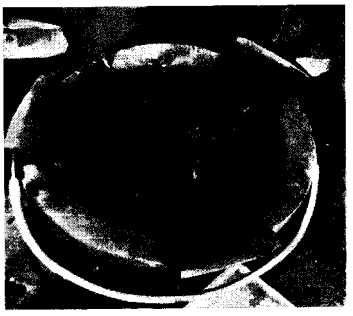
ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแล้วนำปทำการอัดเม็ดแล้วนำตัวอย่างใส่ในถ้วยบรรจุเชื้อเพลิงบรรจุลงในบอมบ์และติดลวดจุดระเบิด



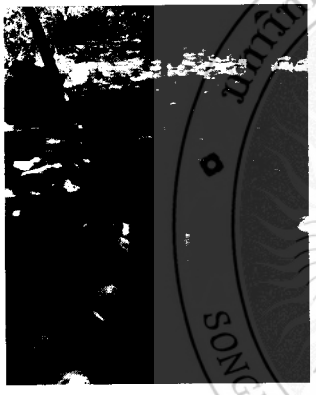
ประกอบบอมบ์เข้ากับเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์อ่านค่าความร้อน

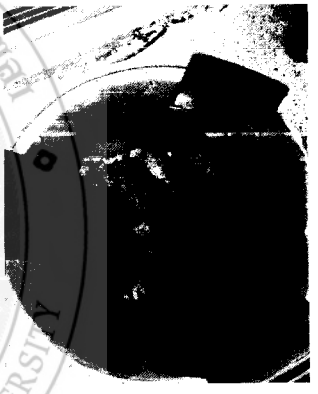
ภาพที่ ผง-6 การทดสอบสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ



ทดสอบประสิทธิภาพเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งและวัดอุณหภูมิของน้ำ





วัดอุณหภูมิของน้ำเดือดแล้วปล่อยให้เชื้อเพลิงดับเป็นเถ้า

ภาพที่ ผง-7 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์สถิติ T-test

การวิเคราะห์สถิติปริมาณความชื้นที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:1.5

ผลการวิเคราะห์ F-Test Two-Sample for Variances โดยใช้โปรแกรม Microsof Excel เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ ร้อยละ 95 ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

F-Test Two-Sample for Variances

	อัตราส่วน 1:1	**อัตราส่วน 1:1.5**
Mean	4.833	5.367
Variance	0.413	0.003
Observations	3	3
df	2	2
F	124	
P(F<=f) one-tail	0.008	
F Critical one-tail	19	

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	อัตราส่วน 1:1	**อัตราส่วน 1:1.5**
Mean	4.833	5.367
Variance	0.413	0.003
Observations	3	3
Hypothesized Mean Difference	0	
df	2	
t Stat	-1.431	
P(T<=t) one-tail	0.144	
t Critical one-tail	2.920	
P(T<=t) two-tail	0.289	
t Critical two-tail	4.303	

การวิเคราะห์สถิติปริมาณสารระเหยที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:1.5

ผลการวิเคราะห์ F-Test Two-Sample for Variances โดยใช้โปรแกรม Microsof Excel เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ ร้อยละ 95 ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

F-Test Two-Sample for Variances

	อัตราส่วน1:1	อัตราส่วน1:1.5
Mean	24.503	26.57
Variance	0.143	0.13
Observations	3.000	3
df	2.000	2
F	1.103	
P(F<=f) one-tail	0.476	
F Critical one-tail	19	

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	อัตราส่วน1:1	อัตราส่วน1:1.5
Mean	24.503	26.57
Variance	0.143	0.13
Observations	3.000	3
Pooled Variance	0.137	
Hypothesized Mean Difference	0.000	
df	4.000	
t Stat	-6.847	
P(T<=t) one-tail	0.001	
t Critical one-tail	2.132	
P(T<=t) two-tail	0.002	
t Critical two-tail	2.776	

การวิเคราะห์สถิติปริมาณเถ้าที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:1.5

ผลการวิเคราะห์ F-Test Two-Sample for Variances โดยใช้โปรแกรม Microsof Excel เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ ร้อยละ 95 ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

F-Test Two-Sample for Variances

	อัตราส่วน1:1	อัตราส่วน1:1.5
Mean	6.523	6.543
Variance	0.106	0.096
Observations	3.000	3
df	2.000	2
F	1.108	
P(F<=f) one-tail	0.474	
F Critical one-tail	19	

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	อัตราส่วน1:1	อัตราส่วน1:1.5
Mean	6.523	6.543
Variance	0.106	0.096
Observations	3	3
Pooled Variance	0.101	
Hypothesized Mean Difference	0.000	
df	4.000	
t Stat	-0.077	
P(T<=t) one-tail	0.471	
t Critical one-tail	2.132	
P(T<=t) two-tail	0.942	
t Critical two-tail	2.776	

การวิเคราะห์สถิติปริมาณคาร์บอนคงตัวที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:1.5

ผลการวิเคราะห์ F-Test Two-Sample for Variances โดยใช้โปรแกรม Microsof Excel เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ ร้อยละ 95 ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

F-Test Two-Sample for Variances

	อัตราส่วน1:1	**อัตราส่วน1:1.5**
Mean	64.137	61.503
Variance	1.583	0.143
Observations	3	3
df	2	2
F	11.054	
P(F<=f) one-tail	0.083	
F Critical one-tail	19	

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	อัตราส่วน1:1	**อัตราส่วน1:1.5**
Mean	64.137	61.503
Variance	1.583	0.143
Observations	3	3
Pooled Variance	0.863	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	4	
t Stat	3.471	
P(T<=t) one-tail	0.013	
t Critical one-tail	2.132	
P(T<=t) two-tail	0.026	
t Critical two-tail	2.776	

การวิเคราะห์สถิติค่าความร้อนที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:1.5

ผลการวิเคราะห์ F-Test Two-Sample for Variances โดยใช้โปรแกรม Microsof Excel เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของถ่านอัดแท่งจากเปลือกส้มโอ ร้อยละ 95 ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

F-Test Two-Sample for Variances

	อัตราส่วน1:1	อัตราส่วน1:1.5
Mean	5617.697	5464.547
Variance	536.355	550.537
Observations	3	3
df	2	2
F	0.974	
P(F<=f) one-tail	0.493	
F Critical one-tail	0.053	

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	อัตราส่วน1:1	อัตราส่วน1:1.5
Mean	5617.697	5464.547
Variance	536.355	550.537
Observations	3	3
Pooled Variance	543.446	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	4	
t Stat	8.046	
P(T<=t) one-tail	0.001	
t Critical one-tail	2.132	
P(T<=t) two-tail	0.001	
t Critical two-tail	2.776	

ภาคผนวก ฉ
ประวัติผู้ทำวิจัย

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ-สกุล นางสาวชนิกานต์ ทิศเมือง

วัน เดือน ปีเกิด 16 สิงหาคม 2539

ที่อยู่ 72/1 หมู่ที่ 4 ตำบลชุมพล อำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา 90190

เบอร์โทรศัพท์ 087-3933237

การศึกษา ศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

2. ชื่อ-สกุล นางสาวสุกัญญา จันทร์บุญแก้ว

วัน เดือน ปีเกิด 24 กันยายน 2539

ที่อยู่ 106/1 หมู่ที่ 6 ตำบลควนพัง อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช

80130 เบอร์โทรศัพท์ 096-9204640

การศึกษา ศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY