รายงานการวิจัย

การศึกษาถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม

A Study of Charcoal from Neem Barks

วันทนา สังข์ชุม Wantana Sangchoom

อุไรวรรณ วันทอง Uraiwan Wanthong

สุธรรม ชุมพร้อมญาติ Sutham Chumpromyat

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณผลประโยชน์ ประจำปีงบประมาณ 2552

กิตติกรรมประกาศ

ในการวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยการสนับสนุนงานวิจัยจากงบผลประโยชน์ประจำปีงบประมาณ 2552 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ผู้วิจัยขอความขอบคุณสาขาเคมี ที่ได้ให้การสนับสนุน สถานที่ และให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ และอำนวยความสะดวกในการวิจัย

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครูอาจารย์ที่ให้ความรู้และการอบรมสั่งสอนจนทำให้เกิดงานวิจัยเล่มนี้ขึ้นมา

คณะผู้วิจัย

การศึกษาถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม

วันทนา สังข์ชุม[1] อุไรวรรณ วันทอง[1] และสุธรรม ชุมพร้อมญาติ[1]

บทคัดย่อ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตสินค้าทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก และมีของเสียที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตรเหล่านั้นที่ยังไม่ได้นำกลับมาใช้ประโยชน์ ซึ่งเป็นการสูญเสียทรัพยากรโดยใช่เหตุ วัสดุชีวมวลเหล่านี้ยังมีประโยชน์ในแง่เป็นแหล่งพลังงาน นับเป็นการแก้ปัญหาด้านพลังงานขาดแคลน และลดมลภาวะจากขยะได้ ในการวิจัยนี้จะศึกษาการนำเปลือกไม้เทียมซึ่งเป็นขยะจากธุรกิจวัสดุก่อสร้าง มาทำถ่านอัดแท่ง โดยจะศึกษาการผลิตถ่านจากเปลือกไม้เทียม และวิเคราะห์คุณภาพของถ่านที่ผลิตได้กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ผลการวิจัยพบว่า ถ่านที่ผลิตได้จากเปลือกไม้เทียมมีความชื้น และปริมาณเถ้า มีค่าร้อยละ 7.0 และ 8.1 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่ง และ ให้ค่าความร้อน 5014 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งมากกว่ามาตรฐานชุมชน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าถ่านไม้เทียมอัดแท่งเป็นแท่งเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพ

คำสำคัญ: ถ่านอัดแท่ง เปลือกไม้เทียม ของเสียทางชีวภาพ

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
วิทยาเขตนครศรีธรรมราช

A study of Charcoal from Neem barks

Wantana Sangchoom,[1] Uraiwan Wanthong[1] and Sutham Chumpromyat[1]

Abstract

Agricultural country like Thailand, produce enormous products and bio-wastes from farming concurrently. Those biomasses are left rotten and exploited natural resources. The bio-waste has potential to generate energy which probably solves the energy shortage and solid waste pollution in the area. The study was conducted to use Neem barks as raw materials to produced charcoal briquettes and the product will be evaluated its properties; moisture content and heat value to industrial charcoal briquette standard. The result showed that the charcoal briquettes produced from Neem barks have moisture content 7.0 percent and 5140 calories/gram of heat value which are good quality of the products.

Keywords: Charcoal briquette, Neem bark, Bio-waste

[1]Faculty of Science and Technology, Rajamoangala University of Technology Srivijaya Nakhonsithammarat

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
ABSTRACT	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	2
ขอบเขตงานวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ระยะเวลาในการวิจัย	2
นิยามศัพท์ในการศึกษา	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
การผลิตถ่านในอดีต	3
เตาเผา	4
ขบวนการไพโรไลซีสชีวมวล	4
ถ่านอัดแท่ง	5
วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง: เปลือกไม้เทียม	7
ขอบเขตงานวิจัย	8
การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณและค่าความร้อน	9
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	10
วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	10

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง		หน้า
	สถานที่ทำการทดลอง	10
	การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม	10
	การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณและค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง	14
บทที่ 4	ผลการทดลอง	17
	ผลการวิเคราะห์ถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม	17
บทที่ 5	วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง	18
บรรณานุกรม		20

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 1	แสดงผลการวิเคราะห์เปลือกไม้เทียม	17
ตารางที่ 2	แสดงผลการวิเคราะห์สมบัติแบบประมาณและค่าความร้อนของถ่านจากเปลือกไม้เทียม	17

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
ภาพที่ 1	ไม้สะเดาเทียม	7
ภาพที่ 2	เปลือกไม้เทียมที่เหลือใช้จากการใช้เนื้อไม้เป็นวัสดุก่อสร้างและการทำเฟอร์นิเจอร์	8
ภาพที่ 3	แผนผังการดำเนินการวิจัยถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม	11
ภาพที่ 4	เปลือกไม้เทียม	12
ภาพที่ 5	ถ่านจากเปลือกไม้เทียม	13
ภาพที่ 6	ถ่านที่บดละเอียด	13
ภาพที่ 7	ถ่านไม้เทียมอัดแท่ง	14

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันการตระหนักถึงการใช้ทรัพยากรอย่างมีคุณค่า และการใช้ประโยชน์ได้อย่างสูงสุดของการนำทรัพยากรที่เหลือใช้กลับมาแปรสภาพเพื่อให้เกิดประโยชน์แทนที่ทิ้งเป็นขยะ หรือปล่อยให้เน่าเปื่อยย่อยสลายไปตามธรรมชาติ ประเทศไทยเป็นประเทศผลิตสินค้าทางการเกษตรเป็นจำนวนมากและมีขยะชีวมวลที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตรเหล่านั้น ได้แก่ แกลบ ขี้เลื่อย เปลือกไม้ยางพารา กะลามะพร้าว เปลือกปาล์ม กะลาปาล์ม เปลือกไม้ยูคาลิปตัส เปลือกไม้เทียม เปลือกไม้ยางพารา เป็นต้น (ธราพงษ์ 2553:7-8) ซึ่งเหมาะที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น การนำไปทำเป็นปุ๋ย หรือการทำถ่าน

ถ่านอัดแท่งเป็นแหล่งพลังงานความร้อนอีกแบบหนึ่งที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน ถ่านอัดแท่งสามารถทดแทนถ่านจากป่าไม้ธรรมชาติได้เป็นอย่างดี และสนองนโยบายการอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สามารถผลิตจากวัสดุธรรมชาติอื่นๆ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ถ่านอัดแท่งจากขี้เลื่อย ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว ถ่านอัดแท่งจากไม้ยางพารา ในปัจจุบันถ่านอัดแท่งได้รับความนิยมในภัตตาคาร ร้านอาหาร เนื่องจากให้พลังงานสูง และประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าถ่านไม้ทั่วไป ประเทศไทยมีการผลิตถ่านอัดแท่งเพื่อใช้ในประเทศและส่งออกต่างประเทศซึ่งการส่งออกในปี พ.ศ. 2543 มีมูลค่าถึง 47 ล้านบาท และในปี 2544 มีมูลค่า 112 ล้านบาท ซึ่งมีอัตราการขยายตัวการส่งออกสูงขึ้น (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม 2551)

ในการผลิตถ่านอัดแท่งสามารถทำเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กได้ สามารถเสริมรายได้ให้แก่ชุมชนได้เป็นอย่างดี โดยมีกรรมวิธีการผลิต 2 วิธี คือ การอัดร้อน ซึ่งเป็นการอัดวัสดุธรรมชาติ เช่น ขี้เลื่อย เศษใบไม้ เศษวัชพืช ที่ยังไม่ได้เป็นถ่านมาก่อน นำมาอัดให้เป็นแท่งก่อนนำไปเผาให้เป็นถ่าน ซึ่งต้องอาศัยเครื่องอัดร้อนที่มีราคาสูง ส่วนอีกวิธีหนึ่งเป็นการอัดเย็น ซึ่งจะต้องใช้เศษวัสดุธรรมชาติมาเผาให้เป็นถ่านก่อนนำมาบดให้เป็นผง แล้วจึงอัดเป็นถ่านด้วยเครื่องอัดเย็น แต่ต้องอาศัยวัสดุผสาน เพื่อให้อนุภาคถ่านยึดเกาะกันให้แน่นและจับเป็นแท่งได้ ตัวผสานที่นิยมใช้ มักเป็น แป้งกาว หรือน้ำตาล เช่นการผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด(เจษฎาพร , 2551)

พลังงานความร้อนในรูปของจากถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเปลือกไม้เทียม ซึ่งเป็นเศษวัสดุทางการเกษตรที่เหลือใช้ในชุมชน จึงอาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาด้านพลังงาน ลดมลภาวะจากขยะ และเพิ่มมูลค่าให้กับขยะชีวมวล โดยการแปรสภาพให้กลายเป็นถ่านอัดแท่ง ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้งหนึ่ง เป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่าสูงสุด และเป็นทางเลือกหนึ่งในการสร้างรายได้ภายในชุมชน

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม
2. เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม

ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้จากเปลือกไม้เทียม และผลิตจากวัสดุทางเกษตรอื่น ๆ ในท้องถิ่น และศึกษาสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียมที่ผลิตได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดเศษวัสดุเหลือใช้และเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุธรรมชาติ
2. เป็นแหล่งพลังงานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อเป็นทางเลือกใหม่แก่ชุมชน
3. เพื่อเป็นแนวทาง และปลุกกระแสอนุรักษ์พลังงาน และสิ่งแวดล้อม

ระยะเวลาในการวิจัย เริ่มรวบรวมข้อมูล และ ดำเนินการวิจัยตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2551 ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2552

นิยามศัพท์ในการศึกษา

ถ่านอัดแท่ง หมายถึง ถ่านที่ได้จากการเผาเปลือกไม้ เศษไม้ หรือเศษวัสดุทางการเกษตร แล้วแปรรูป โดยการอัดให้เป็นแท่ง

ชีวมวล หมายถึง สสารทางชีวภาพ ได้แก่ เศษพืช เปลือกไม้ หรือวัสดุทางการเกษตรอื่น ๆ ที่ย่อยสลายได้

คาร์บอไนเซชั่น หมายถึง กลไกการเปลี่ยนไม้ฟืน หรือสสารชีวมวลให้เป็นถ่านในสภาวะที่ไร้อากาศหรือมีอากาศน้อย

ของเสียทางชีวภาพ หมายถึง สสารชีวมวล ที่เหลือใช้ หรือเศษวัสดุชีวภาพที่ถูกทิ้งเป็นขยะหรือไม่ใช้ประโยชน์อีกต่อไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ถ่านเป็นวัสดุสีเทาดำที่ประกอบด้วยองค์ประกอบที่เป็นคาร์บอนที่เกิดจากการขจัดน้ำ และองค์ประกอบที่ระเหยได้อื่น ๆ ส่วนใหญ่มักได้จากพืชและสัตว์ มนุษย์รู้จักถ่านตั้งแต่อดีตกาล นับย้อนกลับไปในประวัติศาสตร์ของมนุษย์ชาตินับพัน ๆ ปี ซึ่งพบว่ามนุษย์ถ้ำ ใช้ถ่านเป็นอุปกรณ์ในการวาดรูป ในยุคต่อมา ถ่านยังมีความสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยี ถ่านช่วยให้การผลิตโลหะและอาวุธจากโลหะสำเร็จไปได้ นอกจากนี้ถ่านยังมีคุณสมบัติในด้านการดูดซับ ในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 1 ถ่านกัมมันต์ถูกนำมาใช้ในการป้องกันก๊าซพิษ ช่วยรักษาชีวิตผู้คนไว้ได้นับพันคน(Harris 2010) ปัจจุบันถ่านได้ถูกนำมาใช้ในงานหลาย ๆ ด้าน และใช้มากในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในน้ำและอากาศ

นอกเหนือจากประโยชน์ของถ่านในด้านต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว ประโยชน์พื้นฐานที่สำคัญของถ่านคือเป็นแหล่งพลังงานให้กับมนุษย์มาช้านาน ถ่านถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในการประกอบอาหาร และปัจจุบันซึ่งพลังงานนับวันยิ่งหายากและมีราคาแพง พลังงานชีวมวลจากถ่านอัดแท่ง จึงน่าจะเป็นทางเลือกของพลังงานราคาถูก ในการศึกษานี้จะศึกษาสมบัติของถ่านอัดแท่งที่ได้จากการเผาเปลือกไม้สนซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากการธุรกิจการก่อสร้างและการทำเฟอร์นิเจอร์ เพื่อศึกษาศักยภาพในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียมและเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

การผลิตถ่านในอดีต

ในอดีตการผลิตถ่าน มีความเกี่ยวพันกับยุคโลหะ(Nan 1994) เมื่อนับย้อนไปในอดีตเพื่อการหลอมโลหะซึ่งต้องใช้อุณหภูมิสูง แต่ไม้ฟืนไม่สามารถที่จะทำให้เหล็กหลอมเหลวได้ เนื่องจากไม้ฟืนเมื่อถูกเผา น้ำจำนวนมากที่อยู่ในเนื้อไม้จะถูกขับออกมาโดยการระเหยกลายเป็นไอ และนี่เป็นข้อจำกัดที่ทำให้ไม้ฟืนให้อุณหภูมิไม่สูงมากนัก แต่การจะหลอมโลหะจะต้องใช้อุณหภูมิสูง (มากกว่า 1000 องศาเซลเซียส) และมีควันน้อย ในยุคแรกของการผลิตถ่าน น่าจะเกิดจากการที่ไม้ถูกเผาอย่างช้า ๆ ในหลุมตื้น ๆ ซึ่งปกคลุมไปด้วยดิน ซึ่งวิธีการนี้ก็ยังคงถูกใช้กันอยู่ในเวลาต่อ ๆ มา

ในประเทศไทยในอดีตการผลิตถ่านไม้เป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือน ซึ่งมักจะใช้ไม้เนื้อแข็ง หรือต้นไม้จากป่า เตาที่ใช้เผาก็จะใช้เตาหลุมดิน หรือหลุมผี ซึ่งจะต้องทำการขุดหลุมตื้น ๆ ในดิน แล้ววางท่อนไม้ซ้อนกันในหลุมให้เต็ม จากนั้นก็ใช้แกลบ หรือขี้เลื่อยกลบหลุม โดยเหลือบางส่วนที่ยังไม่กลบทับไว้เพื่อจุดติดไฟ เมื่อไฟลุกติดท่อนไม้ดีแล้ว จึงกลบหลุมให้มิด วิธีการนี้ให้

ประสิทธิภาพในการผลิตน้อย ต่อมามีการพัฒนาเตาเผาถ่านบนพื้นดิน เช่น เตาดินเหนียวก่อ เตาอิฐก่อ โดยเตาเหล่านี้จะถูกก่อด้วยดินเหนียวหรืออิฐเป็นรูปโดมให้มีประตูทางเข้า ขนาดลอดเข้าไปวางไม้ฟืน หรือท่อนไม้ได้ พอกด้านนอกของเตาด้วยดินเหนียว เมื่อจัดเรียงไม้ฟืน หรือท่อนไม้ที่ต้องการเผาเสร็จเรียบร้อยแล้ว จากนั้นจะจุดติดไฟเพื่อไล่ความชื้น หลังจากนั้นผู้เผาก็จะสุมไฟจนไฟลุกติดไม้ฟืนแล้ว ก็จะปิดปากหลุมจนมิดเพื่ออบให้ความร้อนข้างในเผาจนไม้ฟืนกลายเป็นถ่าน การเผาลักษณะนี้จะให้ประสิทธิภาพการเผาที่ดีกว่าเตาหลุมผี

เตาเผา

เตาเผาถ่านที่นิยมใช้กันในประเทศไทย ในปัจจุบันมีรูปแบบหลากหลายชนิด ได้แก่ เตาดินเหนียว เตาอิฐก่อ เตาอิวาตะ และเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร เป็นต้น

เตาดินเหนียว เป็นเตาอย่างง่าย ลงทุนก่อสร้างต่ำ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้าง ใช้ดินเหนียวก่อ ซึ่งหาได้ง่ายตามพื้นที่ต่าง ๆ คุณภาพถ่านค่อนข้างดี แต่ผลผลิตที่ได้จะน้อยกว่าเตาชนิดอื่นมีการสูญเสียมากกว่า

เตาอิฐก่อ ซึ่งต้องใช้อิฐเป็นอุปกรณ์ก่อสร้าง (สำนักถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี 2010) ทำให้การลงทุนในการก่อสร้างเตาประเภทนี้สูงกว่าเตาดิน และใช้ดินเหนียวเป็นตัวยึดอิฐก้อนให้ติดกันเป็นรูปเตาเนื่องจากเมื่อเตาร้อนการขยายตัวจะน้อยทำให้เตาไม่แตกร้าว อายุการใช้งานก็นานขึ้น เตาอิฐจะให้ผลผลิตการเผามากว่าเตาดิน เหมาะสำหรับการผลิตเป็นจำนวนมาก หรือเพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรม

เตาอิวาเตะ ต้นแบบเตานำมาจากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็นเตาที่คล้ายกับเตาอิฐแต่มีวิธีการสร้างยุ่งยากกว่าและมีการลงทุนสูง ต้องใช้อิฐปริมาณมากในการก่อสร้าง และมีขั้นตอนยุ่งยาก ถ่านที่ได้จากการเผาด้วยเตาอิวาเตะจะมีคุณภาพดี ได้ปริมาณผลผลิตถ่านมาก นอกจากนี้ เตาอิวาเตะยังให้ผลผลิตเป็นน้ำส้มควันไม้ ซึ่งเป็นผลพลอยได้ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น เป็นสารป้องกันแมลง เป็นต้น

เตาถังน้ำมัน 200 ลิตร เป็นการเผาถ่านในเตาที่สร้างจากถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร ซึ่งอาจสร้างในแนวนอนหรือแนวตั้งก็ได้ เป็นเตาที่ได้รับความนิยม เนื่องจากสร้างง่ายและราคาถูก มีประสิทธิภาพสูง

ขบวนการไพโรไลซิสชีวมวล

เป็นการผลิตถ่านจากการเปลี่ยนสภาพของชีวมวลโดยการให้ความร้อนภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ซึ่งชีวมวลจะมีการสลายตัวขององค์ประกอบต่าง ๆ จนกลายเป็นถ่านมีขั้นตอนดังนี้ (Czernik 2010)

1. Drying เป็นการไล่ความชื้นในชีวมวลด้วยความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 200 องศาเซลเซียส ซึ่ง ชีวมวลจะคายน้ำที่ยังหลงเหลืออยู่ในเซลล์ และระหว่างเซลล์ ก่อให้เกิดควันที่ออกมีลักษณะสีขาว ซึ่งจะมีแต่ไอน้ำ ไม่มีกลิ่น

2. Retification เป็นการให้ความร้อนแก่ชีวมวลที่อุณหภูมิประมาณ 230-250 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมีการสลายตัวของกรดน้ำส้ม (Acetic acid) และเมธานอล (Methanol) เจือปนออกมากับควันด้วย

3. Torrefaction อุณหภูมิจะอยู่ประมาณ 250 – 280 องศาเซลเซียส ช่วงนี้ชีวมวลสลายตัวมากขึ้นด้วยตัวเอง ซึ่งเกิดจากความร้อนที่สะสมไว้

4. Devolatilization ชีวมวล และสารอินทรีย์อื่น ๆ ได้แก่ ลิกนิน จะสลายตัวในรูปของสารระเหย ก๊าซ และไอน้ำอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิประมาณ 300 – 500 องศาเซลเซียส สารระเหยในช่วงอุณหภูมินี้อาจจะถูกดักเก็บ เป็นน้ำส้มควันไม้ หลังจากกลไกการสลายในขั้นตอนนี้ชีวมวลจะเปลี่ยนสภาพเป็นถ่านทั้งหมด

5. Carbonization เป็นการทำให้ถ่านบริสุทธิ์ขึ้นที่อุณหภูมิในช่วง 500 - 600°C ถ่านที่เกิดขึ้นจากกระบวนการก่อนหน้านี้ที่อุณหภูมิ ประมาณ 400 °C ซึ่งถ่านที่ได้นั้นแม้ว่าจะกลายเป็นถ่านแล้ว แต่เป็นถ่านที่มีคุณภาพต่ำ เนื่องจากยังคงมีน้ำมันดิน(Tar) ในปริมาณที่สูง เมื่อนำไปใช้ปิ้งย่าง น้ำมันดินที่ถูกเผาไหม้จะสลายตัวเป็นสารประกอบในกลุ่ม เบนโซไพรีน (Benzopyrene) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ในขั้นตอนนี้จึงเป็นการทำให้น้ำมันดินจะถูกสลายออกไปและทำให้ถ่านบริสุทธิ์ขึ้น

ในประเทศไทยถ่านไม้ยังได้รับความนิยมในด้านการให้พลังงานเพื่อการหุงต้ม เมื่อมีความต้องการพลังงานมากขึ้น ทำให้เกิดการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ เพื่อผลิตถ่านไม้ให้ได้มากขึ้น ไม้ที่ได้รับความนิยมนำมาทำถ่านไม้ ได้แก่ ไม้โกงกาง ไม้ไผ่ ปัจจุบันมีการห้ามลักลอบการตัดไม้ แต่ความต้องการใช้ถ่านไม้ยังมีอยู่มาก ทำให้เกิดการพัฒนาการนำวัสดุธรรมชาติมาเผาให้เป็นถ่าน ส่วนใหญ่เป็นเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งวัสดุเหล่านี้เมื่อเผาแล้วจะมีลักษณะหลากหลายไม่สวยงามและดูไม่เหมือนถ่าน หรืออาจจะเปราะหักเป็นผง จึงทำให้เกิดแนวคิดทำถ่านอัดแท่งจากการนำผงถ่านเหล่านั้น ไปอัดให้มีลักษณะเหมือนท่อนไม้ และสะดวกต่อการนำไปใช้งาน

ถ่านอัดแท่ง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ได้ให้ความหมายของ ถ่านอัดแท่ง หมายถึง “ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ซังข้าวโพด มาเผาจนเป็นถ่าน อาจนำมาบดเป็นผงหรือเม็ดแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ หรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย มาอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการแล้วจึงนำมาเผาเป็นถ่าน” (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 2547)

ถ่านอัดแท่ง ได้รับความนิยมใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้ม โดยเฉพาะอาหารปิ้งย่าง เนื่องจากไม่มีควัน และไม่มีกลิ่น อีกทั้งยังเผาได้นานกว่าถ่านไม้ และราคาถูก

1. ถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหรือชีวมวลสามารถนำไปผลิตเป็นถ่านอัดแท่งได้ ซึ่งจากที่มีการรายงานไว้พบว่าถ่านอัดแท่งจากวัสดุทางการเกษตรบางชนิดให้ถ่านคุณภาพสูง เช่น ถ่านจากแกลบ ขี้เลื่อย ซังข้าวโพด กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม และเปลือกไม้ยางพารา (บริษัทไทยซูมิ 2551) นอกจากถ่านอัดแท่งจากวัสดุที่กล่าวมาแล้วนั้น ยังมีรายงานถ่านอัดแท่งที่ทำจากวัสดุทางการเกษตรอื่น ๆ ได้แก่ ไม้ไผ่ ฟางข้าว ไม้ยูคาลิบตัส เป็นต้น นอกจากวัสดุดังกล่าวมาแล้วยังมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่น ๆ อีกมากที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง

2. การผลิตถ่านอัดแท่ง แบ่งออกได้เป็น 2 วิธี ได้แก่ การอัดเย็น และการอัดร้อน (บริษัทไทยซูมิ 2551)

การอัดเย็น การผลิตถ่านโดยวิธีการอัดเย็น นิยมใช้กับถ่านที่เผาเสร็จเรียบร้อยแล้ว มักนำไม้ฟืนหรือท่อนไม้หรือวัสดุทางการเกษตรที่ต้องการนำมาทำเป็นถ่าน นำมาเผาให้เป็นถ่าน จากนั้นบดถ่านให้เป็นผง นำผงถ่านไปอัดให้เป็นแท่งด้วยเครื่องอัดแท่ง โดยใช้วัสดุผสานเช่น แป้งเปียกหรือน้ำตาล เป็นตัวยึดประสานให้ผงถ่านยึดติดกันเป็นก้อนได้ แท่งถ่านที่ได้จะถูกตัดให้เป็นก้อนให้ได้ขนาดตามความต้องการ แล้วนำไปทำให้แห้งโดยการตากแดดหรือเข้าตู้อบ ก่อนนำไปใช้งาน

การอัดร้อน ถ่านจากการอัดร้อนผลิตได้โดยนำวัสดุอินทรีย์ หรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น วัชพืช เศษไม้ ใบไม้ ชานอ้อย ฟาง ซังข้าวโพด แกลบ หรือขี้เลื่อย มาอัดให้เป็นแท่งก่อนการนำไปเผา ด้วยเครื่องอัดภายใต้ความร้อน โดยวัสดุทางการเกษตรที่จะนำมาอัดให้เป็นก้อนนั้นจะต้องแห้งสนิทดี เมื่อถูกอัดด้วยกำลังสูงในกระบอกอัดที่ร้อน ความร้อนจะทำให้สารลิกนินในสารอินทรีย์หรือเศษไม้นั้นละลาย ทำให้เนื้อไม้จับตัวกันเป็นก้อนได้ เมื่อเศษวัสดุเหล่านั้นถูกอัดจะถูกดันให้ไหลออกจากเครื่องอัด เป็นแท่งฟืน ซึ่งแท่งนี้จะถูกตัดให้เป็นท่อน ๆ ให้ได้ขนาดตามความต้องการก่อนที่จะนำไปเผาเป็นถ่านต่อไป ข้อดีของวิธีการอัดร้อนคือ สามารถใช้ได้กับวัสดุอินทรีย์ได้ทุกชนิด แม้ว่าจะเป็นเศษวัสดุชิ้นเล็ก ๆ ก็สามารถนำมาอัดให้เป็นแท่งได้ ซึ่งเป็นการลดปริมาณขยะจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้เป็นจำนวนมาก แต่ข้อเสียของวิธีการนี้ เศษวัสดุที่จะนำมาอัดร้อนจะต้องแห้งสนิทดี มิฉะนั้นเศษวัสดุเหล่านั้นจะไม่จับกันเป็นก้อน ซึ่งอาจจะต้องเสียเวลาและพลังงานในการทำให้วัสดุแห้งเสียก่อน นอกจากนี้ การผลิตจะต้องใช้เครื่องอัดร้อน ซึ่งเป็นการลงทุนสูงและสิ้นเปลืองพลังงานในการทำให้เครื่องร้อนขณะอัด

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่าน: เปลือกไม้เทียม

ไม้เทียม หรือไม้สะเดาเทียมมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Azadirachta excels(jack) Jacobs อยู่ในตระกูลMeliaceae เป็นไม้โตเร็วที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ซึ่งกรมป่าไม้ได้ส่งเสริมให้การปลูกป่า เพื่อตอบ สนองความต้องการของตลาด จึงทำให้ไม้เทียม เป็นไม้ที่มีความสำคัญเชิงเศรษฐกิจของภาคใต้ (ชัยวัฒน์ 2553)

1. ลักษณะทั่วไปของไม้เทียม

ไม้เทียมเป็นไม้ยืนต้นสูงตรง ลำต้นเปลาตรง เรือนยอดเป็นพุ่มกลมทึบ ใบเป็นใบประกอบ ขอบใบหยักคล้ายฟันเลื่อย ใบเบี้ยวไม่ได้สัดส่วน ปลายใบแหลมเป็นติ่ง ฐานใบเบี้ยวไม่เท่ากัน เนื้อใบหนา เกลี้ยง สีเขียวเป็นมัน ออกดอกเป็นช่อตามง่ามใบหรือปลายกิ่ง ดอกบานสีขาว ออกดอกช่วงเดือนมีนาคม ผลทรงกลมรี ผลแก่สีเขียว เมื่อสุกจะเป็นสีเหลือง เมื่อไม้อายุมากขึ้นโคนต้นจะมีพูพอนเล็กน้อย เนื้อไม้มีเสี้ยนตรงสีน้ำตาลแดง ลำต้นอ่อน เปลือกเรียบสีน้ำตาลแดง (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช 2553)

ภาพที่ 1 ไม้สะเดาเทียม (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช 2553)

2. การแพร่กระจายพันธุ์

ไม้เทียมพบขึ้นอยู่มากในภาคใต้ ตั้งแต่จังหวัดชุมพรลงไป เช่น จังหวัด นครศรีธรรมราช ตรัง สงขลา และพัทลุง โดยขึ้นกระจัดกระจายตามเรือกสวนไร่นาทั่วไป และในต่างประเทศพบว่ามีการขึ้นอยู่แถบ สุมาตรา มาเลเซีย บอร์เนียว ฟิลิปปินส์ นิวกินี และหมู่เกาะอารู ซึ่งยังไม่ทราบถิ่นกำเนิดที่แน่ชัด

ไม้เทียมมีบทบาทในอุตสาหกรรมป่าไม้ และได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมไม้ มีการปลูกกันมากทางภาคใต้ เป็นไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นไม้โตเร็วปลูกขึ้นง่าย

มอด ปลวกไม่กินเนื้อไม้ คุณภาพดีเหมาะที่จะทำเฟอร์นิเจอร์ และตกแต่งภายใน มักใช้ทำวงกบ ประตูหน้าต่าง มีความแข็งแกร่ง ทำเป็นเสาเรือน คาน หรือเป็นพื้นบ้าน ขายได้ราคากว่าไม้โตเร็ว ประเภทอื่น ๆ (เกษตรแผ่นดินทอง 2553)

จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นจังหวัดที่มีการปลูกสวนป่าไม้เทียมเป็นจำนวนมาก จึงเป็นแหล่งผลิตไม้เทียมสำหรับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และเพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง ก่อนการนำไม้เทียมไปแปรรูป จะต้องทำการลอกเปลือกไม้ออกก่อน ซึ่งทำให้มีเศษเปลือกไม้เทียมเหลือทิ้งอยู่เป็นจำนวนมาก ส่วนใหญ่ผู้ประกอบการมักจะทิ้งให้เน่าเปื่อยไปเอง ดังรูปที่ 2

(a) (b)

ภาพที่ 2 (a, b) เปลือกไม้เทียมที่เหลือใช้จากการใช้เนื้อไม้เป็นวัสดุก่อสร้างและ การทำเฟอร์นิเจอร์

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีเป้าหมายในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม กระทำได้โดยการรวบรวมเปลือกไม้จากแหล่งวัตถุดิบซึ่งเป็นโรงงานหรือร้านขายวัสดุก่อสร้างที่ทำจากไม้ ซึ่งตามโรงงานเหล่านี้มักจะมีเศษวัสดุจากไม้เป็นจำนวนมาก ได้แก่ ปีกไม้ยางพารา เปลือกไม้สน เปลือกไม้เทียม และเศษไม้อื่นๆ เศษไม้เหล่านี้โดยเฉพาะเปลือกไม้เทียมและเปลือกไม้สน มักจะไม่เป็นที่ต้องการ เจ้าของโรงงานมักจะกองทิ้งให้ย่อยสลายผุพังไปตามธรรมชาติ เปลือกไม้ที่รวบรวมได้ต้องนำมาตากแดดให้แห้งก่อนนำมาเผา และบดอัดให้เป็นถ่านอัดแท่งโดยการอัดเย็น จากนั้นนำมาศึกษาสมบัติของถ่านอัดแท่ง ได้แก่

- ปริมาณความชื้น (Moisture content)
- ปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile matters)
- ปริมาณเถ้า (Ash content)

- ปริมาณคาร์บอนเสถียร (Fixed carbon)
- ค่าความร้อน (Heating value)

จากการวิเคราะห์สมบัติที่ได้ จะนำมาใช้ในการประเมินคุณภาพถ่านอัดแท่ง ที่ผลิตได้จากเปลือกไม้เทียม เพื่อลดปริมาณขยะและเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียทางการเกษตร

การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณและค่าความร้อน

การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณเป็นวิธีการหาปริมาณความชื้น ปริมาณสารที่ระเหยได้ ปริมาณเถ้า และปริมาณคาร์บอนเสถียรในถ่านไม้ หรือถ่านหิน รายละเอียดการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้ (ธราพงษ์ 2553: 120-121)

ปริมาณความชื้น เป็นการหาปริมาณน้ำที่มีอยู่ในถ่าน โดยการอบถ่านให้แห้งด้วยเตาอบและทำการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ซึ่งต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง) การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นได้โดย นำถ่านบดอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส อบจนกระทั่งน้ำหนักของถ่านคงที่ แล้วนำน้ำหนักที่หายไป คำนวณหาปริมาณความชื้น

ปริมาณสารที่ระเหยได้ เป็นร้อยละของปริมาณสารระเหยที่ได้ ทดสอบได้โดยนำถ่านบดละเอียดอบแห้งในถ้วยกระเบื้องที่มีปิดฝาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส นาน 7 นาที จากนั้นชั่งหาน้ำหนักที่หายไป ซึ่งจะเป็นมวลของสารระเหย ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบของคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน

ปริมาณเถ้า เป็นร้อยละของปริมาณสารที่เหลือจากการเผาถ่าน เถ้าโดยส่วนใหญ่มักประกอบด้วยออกไซด์ ที่เหลือจากการเผา ปริมาณเถ้าของถ่านแต่ละชนิดอาจจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นถ่าน ปริมาณเถ้าจะคิดเป็นร้อยละของปริมาณสารที่เหลือจากการเผาถ่านจนมีน้ำหนักของเถ้าคงที่ที่อุณหภูมิ 700 – 750 องศาเซลเซียส

ปริมาณคาร์บอนเสถียร หมายถึง เป็นร้อยละของส่วนที่เป็นของแข็งที่เหลือจากการขจัดความชื้น สารระเหยได้ ในถ่าน

ค่าความร้อน หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก 1 กรัม มีหน่วยเป็นแคลอรีต่อกรัม

คุณลักษณะของถ่านอัดแท่งที่ต้องการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนั้น ถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้จะต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจมีการแตกหักได้บ้าง เมื่อนำมาใช้งาน ต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็นเมื่อติดไฟ และไม่มีควันกลิ่น ปริมาณความชื้นต้องไม่เกิน 8 % โดยน้ำหนัก และมีค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 5000 แคลอรีต่อกรัม

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้จะศึกษาถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้จากเปลือกไม้เทียมมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. วัสดุอุปกรณ์ และสารที่ใช้ในการทดลอง
2. สถานที่ทำการทดลอง
3. การผลิตถ่านจากเปลือกไม้เทียม
4. การวิเคราะห์สมบัติโดยประมาณและค่าความร้อนของถ่านที่ผลิตจากเปลือกไม้เทียม

วัสดุอุปกรณ์ และสารที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์

เตาเผา (Furnace)

เตาอบ (Oven)

ถ้วยกระเบื้อง(Crucible)

โถดูดความชื้น (Desiccators)

บอมบ์คาลอริมิเตอร์อย่างง่าย

ครกบด

สารเคมี

น้ำ

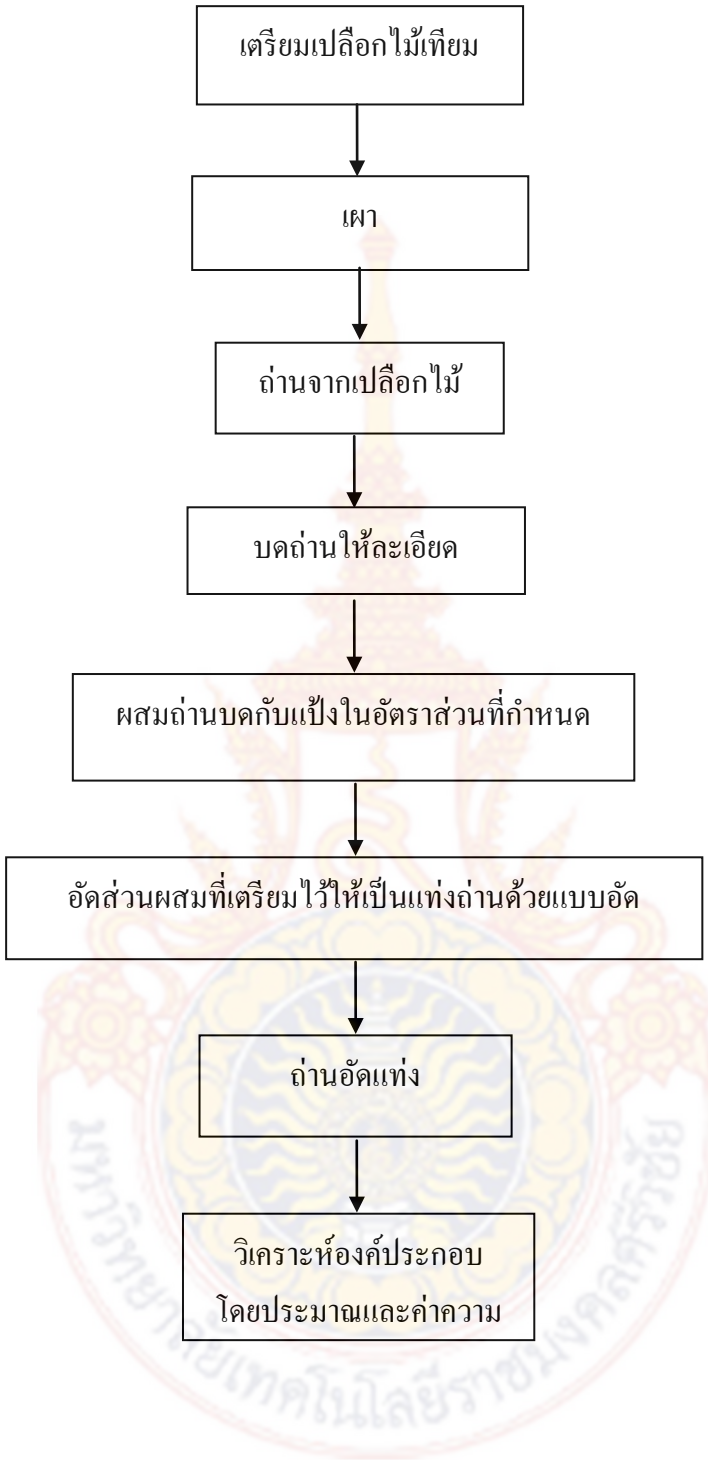
แป้งมันสำปะหลัง

สถานที่ทำการทดลอง

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช

การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม

ขบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียมโดยการอัดเย็น แสดงไว้ตามแผนผังดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3 แผนผังการดำเนินการวิจัยถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม

1. เตรียมวัตถุดิบ รวบรวบเปลือกไม้ผึ่งให้แห้ง จากนั้นกองรวบรวมไว้เพื่อรอเผา คำนวนหาความชื้นของเปลือกไม้ในรูปร้อยละ

ภาพที่ 4 เปลือกไม้เทียม

2. การเผา เปลือกไม้เทียมเมื่อแห้งดีแล้ว นำมาเผาให้เป็นถ่าน คำนวณหาปริมาณถ่านและปริมาณสารระเหยจากน้ำหนักถ่าน

การเผาถ่าน ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

ขั้นแรก เป็นการไล่ความชื้นที่มีอยู่ในเนื้อไม้ หรือวัสดุชีวมวล โดยเมื่อเริ่มจุดไปเตา จะเริ่มให้ความร้อนที่บริเวณหน้าเตา ความร้อนจะกระจายเข้าสู่เตาเพื่อไล่ความชื้นในเนื้อไม้ ในขั้นตอนนี้จะมีควันออกมาจากปล่องควันมีลักษณะเป็นควันสีขาวประกอบไปด้วยไอน้ำ อุณหภูมิบริเวณภายในเตาจะประมาณ 150 ^{0} C เมื่อเติมเชื้อเพลิงต่อไปเรื่อย ๆ ควันสีขาวจะเกิดมากขึ้น อุณหภูมิภายในเตาจะเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 200-250 ^{0} C ซึ่งควันจะมีส่วนประกอบของกรดน้ำส้ม และเอทานอลปะปนออกมากับควัน

ขั้นตอนที่สอง เมื่อให้ความร้อนต่อไปเรื่อย ๆ จนไอน้ำเริ่มหมด ควันขาวเริ่มจางลง อุณหภูมิภายในเตาจะเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 300-400 ^{0} C ช่วงนี้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้จะถูกขับออกมาในรูปของน้ำส้มควันไม้ ช่องหน้าเตาจะถูกปรับให้มีขนาดเล็กลงเพื่อรักษาอุณหภูมิภายใน และไม่ให้มีอากาศมากนัก อุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นเป็น 400- 450^{0} C สังเกตได้จากควันที่กระจายออกในขั้นตอนนี้จะเริ่มเป็นสีน้ำเงิน

ขั้นตอนที่สาม ขั้นตอนนี้ถ่านจะเริ่มกลายเป็นถ่านบริสุทธิ์ เตาจะถูกปิดให้เหลือช่องเล็กลงเพื่อเพิ่มอุณหภูมิภายในเตา เมื่อควันกลายเป็นสีฟ้าจาง ๆ นั้นแสดงว่าไม้กลายเป็นถ่านเกือบหมดแล้วให้ทำการปิดปากเตา ด้วยดินเหนียวทำการอุดรอยต่อตามจุดต่าง ๆ และกลบหลังเตาด้วยดินหรือทรายไม่ได้มีรอยรั่ว และต้องปิดปล่องควันไม่ให้มีอากาศไหลผ่านได้ เนื้อไม้จะสลายตัวเป็นถ่านได้จากอุณหภูมิที่สะสมอยู่ภายในเตา ทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน เพื่อให้เนื้อไม้สลายตัวเป็นถ่านให้หมด

ขั้นตอนที่สี่ ระบายความร้อนจากเตาโดยเปิดหน้าดิน หรือทรายที่กลบเตาออก ทิ้งไว้เพื่อระบายความร้อน อีกประมาณ 1 คืนจนถ่านดับสนิท แล้วจึงค่อยเปิดเตาเพื่อเก็บรวบรวมถ่าน ในขั้นตอนนี้ถ้าหากยังมีถ่านที่ยังดับไม่สนิทอาจใช้น้ำดับไฟแล้วทิ้งไว้ให้เย็น ก่อนเก็บรวบรวมถ่าน

ภาพที่ 5 ถ่านจากเปลือกไม้เทียม

3. การบดถ่าน ถ่านที่รวบรวมได้จากการเผาจะถูกนำมาบดให้เป็นผงด้วยมือ โดยใช้ครกและสาก ทำการบดจนได้ขนาดอนุภาคละเอียดสม่ำเสมอเพื่อให้ง่ายต่อการอัดเป็นแท่ง ถ่านบดจะถูกรวบรวมเพื่อนำไปอัดเป็นแท่งต่อไป

ภาพที่ 6 ถ่านที่บดละเอียด

4. การผสมกับตัวประสานอัดแบบ โดยการนำผงถ่านผสมกับตัวประสาน เช่นแป้งมัน ผสมให้เข้ากันในกระบะ ปรับความชื้นตามความเหมาะสม โดยมีอัตราส่วนการผสม ผงถ่าน 5

กิโลกรัม น้ำ ประมาณ 1.5 ลิตร แป้งมันสำปะหลัง 800 กรัม(ผสมแป้งมันกับน้ำก่อนนำมาคลุกรวมกับผงถ่าน) จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ไปอัดแบบ

ภาพที่ 7 ถ่านไม้เทียมอัดแท่ง

5. **ผึ่งแดดให้แห้ง ก่อนบรรจุผลิตภัณฑ์**
6. **เก็บตัวอย่างถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้ไปวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณและค่าความร้อน**

การวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณและค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง

ถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียมที่ได้ นำมาบดให้ละเอียดและร่อนด้วยตะแกรงขนาด 250 μm จากนั้นเก็บตัวอย่างถ่านที่บดได้เพื่อนำไปวิเคราะห์โดยประมาณและหาค่าความร้อน

1. การวิเคราะห์ความชื้น

การวัดความชื้นของถ่านจากเปลือกไม้เทียม วัดได้โดยวิธีตรง โดยชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของถ้วยกระเบื้องก่อนบรรจุถ่านบดละเอียด จากนั้นเมื่อใส่ตัวอย่างถ่านที่ต้องการวัดความชื้น ชั่งน้ำหนักรวมของถ้วยกระเบื้องและตัวอย่าง ก่อนนำเข้าเตาอบที่ 110 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นประมาณ 30 นาที จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณความชื้นที่หายไปเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น ปริมาณความชื้นจะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ คำนวณจาก

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{|W_0 - W_1|}{W_0} \times 100$$

เมื่อ W_0 = น้ำหนักตัวอย่างถ่านก่อนอบ

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างถ่านหลังอบ

2. การวิเคราะห์หาปริมาณสารที่ระเหยได้

ชั่งน้ำหนักที่ที่แน่นอนของถ้วยกระเบื้องพร้อมฝา ใส่ตัวอย่างถ่านไม้ที่บดแล้วในถ้วยกระเบื้อง ชั่งน้ำหนักพร้อมฝา นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที จากนั้นนำถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผา แล้วทิ้งให้เย็น ในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างพร้อมภาชนะ คำนวณหาปริมาณสารระเหยดังสมการ

$$\% \text{ สารระเหย} = \frac{|W_0 - W_1|}{W_0} \times 100$$

เมื่อ W_0 = น้ำหนักตัวอย่างถ่านก่อนอบ

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างถ่านหลังอบ

3. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า

ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของถ้วยกระเบื้องพร้อมฝา ใส่ตัวอย่างถ่านที่บดละเอียดแล้วในถ้วยและชั่งน้ำหนักรวมของถ้วยกระเบื้องและตัวอย่างพร้อมฝา นำไปเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง จากนั้นนำถ้วยกระเบื้องทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหลังการเผา คำนวณหาปริมาณเถ้าจากสมการ

$$\% \text{ เถ้า} = \frac{|W_0 - W_1|}{W_0} \times 100$$

เมื่อ W_0 = น้ำหนักตัวอย่างถ่านก่อนเผา

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างถ่านหลังเผา

4. การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนเสถียร

ปริมาณคาร์บอนเสถียรหาได้จากสมการต่อไปนี้

% คาร์บอนที่เสถียร = 100 – (% ความชื้น + % สารระเหย + % เถ้า)

5. การวิเคราะห์หาค่าความร้อน

การวิเคราะห์ค่าความร้อนสามารถหาได้จากบอมบ์คาลอริมิเตอร์อย่างง่าย เพื่อประยุกต์ใช้ในการประมาณค่าความร้อนของถ่านจากเปลือกไม้เทียม ทำการทดลองได้โดยนำบอมคาลอริมิเตอร์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของสาร ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบกับออกซิเจนที่มากเกินพอ และจะคายความร้อนออกมา โดยความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาจะทำให้น้ำที่บรรจุอยู่ในบอมบ์คาลอริมิเตอร์มีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งสามารถคำนวณหาความร้อนจากปฏิกิริยาได้จากอุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้ได้จากสูตร

$Q = mc\Delta t$

เมื่อ Q คือ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้

m คือ น้ำหนักของน้ำ

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.184 J/g.^{o}C

Δt คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเกิดการเผาไหม้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

เปลือกไม้เทียม มีลักษณะเป็นแผ่นเยื่อไม้บาง ๆ มีน้ำหนักเบา ถูกลอกออกจากลำต้นของต้นเทียม ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านนั้น จากการรวบรวมเปลือกไม้ พบว่ามีเปลือกไม้ที่สดใหม่ และมีทั้งเปลือกไม้เก่าที่ผุพังปะปนกันอยู่ จึงนำไปผึ่งแดดให้แห้งก่อน จากนั้นจึงได้นำมาดำเนินการทดลองต่อไป

ผลการวิเคราะห์ถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์เปลือกไม้เทียม

สมบัติที่ตรวจสอบ	ปริมาณ
ความชื้น (%)	31.0
การเปลี่ยนเป็นถ่าน(%)	22.4

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์สมบัติแบบประมาณและค่าความร้อนของถ่านจากเปลือกไม้เทียม

สมบัติที่ตรวจสอบ	ปริมาณ
ความชื้น (%)	7.0
สารระเหย (%)	61.3
คาร์บอนเสถียร (%)	23.6
เถ้า(%)	8.1
ค่าความร้อน(แคลอรี/กรัม)	5,104

จากการวิเคราะห์ความชื้นของเปลือกไม้เทียมก่อนนำมาเผา พบว่า มีค่าความชื้น ประมาณ 31 เปอร์เซ็นต์ และการเปลี่ยนเป็นถ่านประมาณ 22.4 เปอร์เซ็นต์

เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณของถ่านจากเปลือกไม้เทียม พบว่า ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอนเสถียร และปริมาณเถ้า มีค่าร้อยละ 7.0 , 61.3, 23.6 และ 8.1 ตามลำดับ ส่วนค่าความร้อนมีค่า 5,104 แคลอรีต่อกรัม

บทที่ 5
วิจารณ์ สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้ศึกษาการนำเปลือกไม้เทียม ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากธุรกิจอุปกรณ์ก่อสร้าง มาใช้ให้เป็นประโยชน์โดยการผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง

จากการศึกษาสมบัติเบื้องต้นของเปลือกไม้เทียมที่ได้ พบว่ายังมีความชื้นอยู่ค่อนข้างมาก อาจเป็นเพราะเปลือกไม้เทียมมีลักษณะเป็นเยื่อบางนุ่ม ทำให้ดูดซับความชื้นได้ดี ก่อนเผาต้องทำให้แห้งโดยการตากแดดก่อนซึ่งช่วยลดความชื้นได้บางส่วน แต่ก็ยังมีปริมาณความชื้นหลงเหลืออยู่ในเนื้อไม้อยู่ถึง 31.0 เปอร์เซ็นต์ เปลือกไม้ที่แห้งดีแล้วจะช่วยให้การเผาใช้ระยะเวลาไม่นานนัก จุดติดไฟง่าย

จากการศึกษาปริมาณการเปลี่ยนเป็นถ่านของเปลือกไม้เทียม พบว่า เปลือกไม้เทียมให้ผลผลิตเป็นถ่าน เพียง 22.4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเริ่มต้น

ถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้จากเปลือกไม้เทียมมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกตันขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร รูปร่างสม่ำเสมอ เมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ ประกอบโดยประมาณ และค่าความร้อน พบว่า

ความชื้น ที่ได้จากการวิเคราะห์ มีค่าความชื้นร้อยละ 7.0 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 8 ปริมาณ แต่ความชื้นที่ยังหลงเหลืออยู่อาจเกิดจากความชื้นของน้ำและตัวประสานในถ่าน ที่ยังไม่แห้ง

ปริมาณสารระเหย จากการวิเคราะห์ พบปริมาณสารระเหยได้ร้อยละ 61.3 ซึ่งเป็นปริมาณที่ค่อนข้างสูง ซึ่งอาจเกิดจากขั้นตอนคาร์บอไนเซชันไม่สมบูรณ์ โดยอุณหภูมิในช่วงสุดท้ายของการเปลี่ยนเป็นถ่านยังไม่สูงพอที่จะทำให้ถ่านบริสุทธิ์จากสารระเหยได้ หรืออาจเกิดจากช่วงการเกิดคาร์บอไนเซชันใช้เวลาไม่นานพอที่ถ่านจะเปลี่ยนเป็นถ่านบริสุทธิ์

คาร์บอนเสถียร ถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียมมีปริมาณคาร์บอนเสถียรที่ค่อนข้างสูง มีค่าร้อยละ 23.6 ซึ่งค่านี้จะแปรผันโดยตรงกับปริมาณความร้อน

เถ้า ปริมาณเถ้าจากเปลือกไม้เทียมมีค่าร้อยละ 8.1

ค่าความร้อน พบว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียมให้ค่าความร้อน 5104 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งมีค่ามากกว่าค่ามาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่ง

สรุปผลการทดลอง

คุณลักษณะที่ต้องการของถ่านอัดแท่งตามมาตรฐานชุมชน จะต้องมีค่าความชื้นไม่มากกว่าร้อยละ 8 และมีค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 5000 แคลอรีต่อกรัม จากการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้กับมาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่ง พบว่า ปริมาณความชื้น มีค่าร้อยละ 7.0 ซึ่งน้อยกว่ามาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่ง และค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียมซึ่งมีค่า 5,104 แคลอรีต่อกรัมมีค่ามากกว่ามาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่ง ซึ่งสรุปได้ว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม มีคุณภาพของผลิต ภัณฑ์ที่ดี มีศักยภาพที่จะนำไปใช้ประโยชน์เป็นแท่งเชื้อเพลิงเพื่อใช้ประกอบอาหารได้ และมีความเป็นไปได้ในการผลิตในเชิงพานิชย์ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้มีงบประมาณในการวิจัยน้อย ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลผลิตถ่านอัดแท่งไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ศักยภาพโดยรวมได้ ยังขาดข้อมูลในหลาย ๆ ด้าน เช่นการวิเคราะห์กลิ่น และควัน การวิเคราะห์สารแบบแยกธาตุ เพื่อศึกษาปริมาณสารระเหยให้ละเอียดยิ่งขึ้น และเพื่อศึกษามลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานและการพัฒนาผลิตถ่านอัดแท่งให้มีคุณภาพในอนาคต

นอกจากนี้ เปลือกไม้เทียมและวัสดุชีวมวลอื่น ๆ น่าจะมีศักยภาพในการผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ เพื่อใช้ในการดูดซับสารพิษทั้งในน้ำและอากาศ และทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับชีวมวลได้ดียิ่งกว่าถ่านอัดแท่ง ซึ่งควรได้รับการพัฒนาการวิจัยในด้านนี้ต่อไป

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2551). *ถ่านอัดแท่ง* สืบค้น เมื่อ 20 พฤศจิกายน 2551, จาก http://www.idp9.dip.go.th/research/previewInvesment1.asp?

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช. 2553. ชนิดพันธุ์ไม้ในโครงการ – สะเดาช้าง, เทียม สืบค้น เมื่อ 3 มีนาคม 2553, จาก http://king50.designdoodee.com/type.php?page=69&fpt=&province=&organization=

เกษตรแผ่นดินทอง. 2553. *เทียมหรือสะเดาช้าง* สืบค้น เมื่อ 25 มีนาคม 2553, จาก http://www.rakbankerd.com/agriculture/open.php?id=1188&s=tblplant

เจษฎาพร ศรียะ. 2552. *ถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด* ศูนย์บริการข้อมูลคลินิกเทคโนโลยี สืบค้น เมื่อ 25 มีนาคม 2552, จาก http://www.ttc.most.co.th/online/callcenter/show_techtype.asp?techtype=20&page

ชัยวัฒน์ แก้วพวง. 2553. *ไม้สะเดาเทียม* สืบค้น เมื่อ 3 มิถุนายน 2553, จาก http://frc.forest.ku.ac.th/cgi_bin/database/100_frc/pdf/098.pdf

ธราพงษ์ วิทิตศานต์. (2553). ถ่านกัมมันต์ การผลิตและการนำไปใช้ พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพ:โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปานใจ สื่อประเสริฐสิทธิ์. 2553. ถ่านชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 29(2) : 210-218

บริษัท ไทยซูมิจำกัด. 2551. *การใช้ประโยชน์จากถ่านไม้.* สืบค้น เมื่อ 28 สิงหาคม 2552, จาก http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/charcoal_fun2.php

บริษัท ไทยซูมิจำกัด. 2551. *การลงทุนผลิตถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว.* สืบค้น เมื่อ 8 มกราคม 2551, จาก http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/business3.php

บริษัท ไทยซูมิจำกัด. 2551. *วิเคราะห์ถ่านจากเปลือกยางพารา*. สืบค้น เมื่อ 8 มกราคม 2551, จาก http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/compara.php

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547. *ถ่านอัดแท่ง* สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. สืบค้น เมื่อ 25 มีนาคม 2552, จาก http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps238_47.pdf

สำนักถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี. 2553. *เตาผลิตถ่านชนิดก่อด้วยอิฐ* กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน สืบค้น เมื่อ 1 กันยายน 2553, จาก http://www.region11.m-energy.go.th/AKKaSan/Documents/Document12.pdf

Czernik, S., (2010) *Fundamentals of Charcoal Production* [online] available from http://www.biochar-international.org/images/Stefan_Czernik.pdf [1/09/2010]

Harris, P. J. F., (2010). *On Charcoal* [online] available from http://www.personal.rdg.ac.uk/~scsharip/Charcoal.htm [10/06/2010]

Nan, L., Best, G., Neto, C. C. D. C. (1994) The research progress of biomass pyrolysis process. Integrated energy systems in China - The cold Northeastern region experience [online] available from http://www.fao.org/docrep/T4470E/T4470E00.htm [1/09/1010]

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันการตระหนักถึงการใช้ทรัพยากรอย่างมีคุณค่า และการใช้ประโยชน์ได้อย่างสูงสุดของการนำทรัพยากรที่เหลือใช้กลับมาแปรสภาพเพื่อให้เกิดประโยชน์แทนที่ทิ้งเป็นขยะ หรือปล่อยให้เน่าเปื่อยย่อยสลายไปตามธรรมชาติ ประเทศไทยเป็นประเทศผลิตสินค้าทางการเกษตรเป็นจำนวนมากและมีขยะชีวมวลที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตรเหล่านั้น ได้แก่ แกลบ ขี้เลื่อย เปลือกไม้ยางพารา กะลามะพร้าว เปลือกปาล์ม กะลาปาล์ม เปลือกไม้ยูคาลิปตัส เปลือกไม้เทียม เปลือกไม้ยางพารา เป็นต้น (ธราพงษ์ 2553:7-8) ซึ่งเหมาะที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น การนำไปทำเป็นปุ๋ย หรือการทำถ่าน

ถ่านอัดแท่งเป็นแหล่งพลังงานความร้อนอีกแบบหนึ่งที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน ถ่านอัดแท่งสามารถทดแทนถ่านจากป่าไม้ธรรมชาติได้เป็นอย่างดี และสนองนโยบายการอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สามารถผลิตจากวัสดุธรรมชาติอื่นๆ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ถ่านอัดแท่งจากขี้เลื่อย ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว ถ่านอัดแท่งจากไม้ยางพารา ในปัจจุบันถ่านอัดแท่งได้รับความนิยมในภัตตาคาร ร้านอาหาร เนื่องจากให้พลังงานสูง และประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าถ่านไม้ทั่วไป ประเทศไทยมีการผลิตถ่านอัดแท่งเพื่อใช้ในประเทศและส่งออกต่างประเทศซึ่งการส่งออกในปี พ.ศ. 2543 มีมูลค่าถึง 47 ล้านบาท และในปี 2544 มีมูลค่า 112 ล้านบาท ซึ่งมีอัตราการขยายตัวการส่งออกสูงขึ้น (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม 2551)

ในการผลิตถ่านอัดแท่งสามารถทำเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กได้ สามารถเสริมรายได้ให้แก่ชุมชนได้เป็นอย่างดี โดยมีกรรมวิธีการผลิต 2 วิธี คือ การอัดร้อน ซึ่งเป็นการอัดวัสดุธรรมชาติ เช่น ขี้เลื่อย เศษใบไม้ เศษวัชพืช ที่ยังไม่ได้เป็นถ่านมาก่อน นำมาอัดให้เป็นแท่งก่อนนำไปเผาให้เป็นถ่าน ซึ่งต้องอาศัยเครื่องอัดร้อนที่มีราคาสูง ส่วนอีกวิธีหนึ่งเป็นการอัดเย็น ซึ่งจะต้องใช้เศษวัสดุธรรมชาติมาเผาให้เป็นถ่านก่อนนำมาบดให้เป็นผง แล้วจึงอัดเป็นถ่านด้วยเครื่องอัดเย็น แต่ต้องอาศัยวัสดุผสาน เพื่อให้อนุภาคถ่านยึดเกาะกันให้แน่นและจับเป็นแท่งได้ ตัวผสานที่นิยมใช้ มักเป็น แป้งกาว หรือน้ำตาล เช่นการผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด(เจษฎาพร , 2551)

พลังงานความร้อนในรูปของจากถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเปลือกไม้เทียม ซึ่งเป็นเศษวัสดุทางการเกษตรที่เหลือใช้ในชุมชน จึงอาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาด้านพลังงาน ลดมลภาวะจากขยะ และเพิ่มมูลค่าให้กับขยะชีวมวล โดยการแปรสภาพให้กลายเป็นถ่านอัดแท่ง ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้งหนึ่ง เป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่าสูงสุด และเป็นทางเลือกหนึ่งในการสร้างรายได้ภายในชุมชน

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม
2. เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม

ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้จากเปลือกไม้เทียม และผลิตจากวัสดุทางเกษตรอื่น ๆ ในท้องถิ่น และศึกษาสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียมที่ผลิตได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดเศษวัสดุเหลือใช้และเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุธรรมชาติ
2. เป็นแหล่งพลังงานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อเป็นทางเลือกใหม่แก่ชุมชน
3. เพื่อเป็นแนวทาง และปลุกกระแสอนุรักษ์พลังงาน และสิ่งแวดล้อม

ระยะเวลาในการวิจัย เริ่มรวบรวมข้อมูล และ ดำเนินการวิจัยตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2551 ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2552

นิยามศัพท์ในการศึกษา

ถ่านอัดแท่ง หมายถึง ถ่านที่ได้จากการเผาเปลือกไม้ เศษไม้ หรือเศษวัสดุทางการเกษตร แล้วแปรรูป โดยการอัดให้เป็นแท่ง

ชีวมวล หมายถึง สสารทางชีวภาพ ได้แก่ เศษพืช เปลือกไม้ หรือวัสดุทางการเกษตรอื่น ๆ ที่ย่อยสลายได้

คาร์บอไนเซชั่น หมายถึง กลไกการเปลี่ยนไม้ฟืน หรือสสารชีวมวลให้เป็นถ่านในสภาวะที่ไร้อากาศหรือมีอากาศน้อย

ของเสียทางชีวภาพ หมายถึง สสารชีวมวล ที่เหลือใช้ หรือเศษวัสดุชีวภาพที่ถูกทิ้งเป็นขยะหรือไม่ใช้ประโยชน์อีกต่อไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ถ่านเป็นวัสดุสีเทาดำที่ประกอบด้วยองค์ประกอบที่เป็นคาร์บอนที่เกิดจากการขจัดน้ำ และองค์ประกอบที่ระเหยได้อื่น ๆ ส่วนใหญ่มักได้จากพืชและสัตว์ มนุษย์รู้จักถ่านตั้งแต่อดีตกาล นับย้อนกลับไปในประวัติศาสตร์ของมนุษย์ชาตินับพัน ๆ ปี ซึ่งพบว่ามนุษย์ถ้ำ ใช้ถ่านเป็นอุปกรณ์ในการวาดรูป ในยุคต่อมา ถ่านยังมีความสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยี ถ่านช่วยให้การผลิตโลหะและอาวุธจากโลหะสำเร็จไปได้ นอกจากนี้ถ่านยังมีคุณสมบัติในด้านการดูดซับ ในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 1 ถ่านกัมมันต์ถูกนำมาใช้ในการป้องกันก๊าซพิษ ช่วยรักษาชีวิตผู้คนไว้ได้นับพันคน(Harris 2010) ปัจจุบันถ่านได้ถูกนำมาใช้ในงานหลาย ๆ ด้าน และใช้มากในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในน้ำและอากาศ

นอกเหนือจากประโยชน์ของถ่านในด้านต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว ประโยชน์พื้นฐานที่สำคัญของถ่านคือเป็นแหล่งพลังงานให้กับมนุษย์มาช้านาน ถ่านถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในการประกอบอาหาร และปัจจุบันซึ่งพลังงานนับวันยิ่งหายากและมีราคาแพง พลังงานชีวมวลจากถ่านอัดแท่ง จึงน่าจะเป็นทางเลือกของพลังงานราคาถูก ในการศึกษานี้จะศึกษาสมบัติของถ่านอัดแท่งที่ได้จากการเผาเปลือกไม้สนซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากการธุรกิจการก่อสร้างและการทำเฟอร์นิเจอร์ เพื่อศึกษาศักยภาพในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียมและเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

การผลิตถ่านในอดีต

ในอดีตการผลิตถ่าน มีความเกี่ยวพันกับยุคโลหะ(Nan 1994) เมื่อนับย้อนไปในอดีตเพื่อการหลอมโลหะซึ่งต้องใช้อุณหภูมิสูง แต่ไม้ฟืนไม่สามารถที่จะทำให้เหล็กหลอมเหลวได้ เนื่องจากไม้ฟืนเมื่อถูกเผา น้ำจำนวนมากที่อยู่ในเนื้อไม้จะถูกขับออกมาโดยการระเหยกลายเป็นไอ และนี่เป็นข้อจำกัดที่ทำให้ไม้ฟืนให้อุณหภูมิไม่สูงมากนัก แต่การจะหลอมโลหะจะต้องใช้อุณหภูมิสูง (มากกว่า 1000 องศาเซลเซียส) และมีควันน้อย ในยุคแรกของการผลิตถ่าน น่าจะเกิดจากการที่ไม้ถูกเผาอย่างช้า ๆ ในหลุมตื้น ๆ ซึ่งปกคลุมไปด้วยดิน ซึ่งวิธีการนี้ก็ยังคงถูกใช้กันอยู่ในเวลาต่อ ๆ มา

ในประเทศไทยในอดีตการผลิตถ่านไม้เป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือน ซึ่งมักจะใช้ไม้เนื้อแข็ง หรือต้นไม้จากป่า เตาที่ใช้เผาก็จะใช้เตาหลุมดิน หรือหลุมผี ซึ่งจะต้องทำการขุดหลุมตื้น ๆ ในดิน แล้ววางท่อนไม้ซ้อนกันในหลุมให้เต็ม จากนั้นก็ใช้แกลบ หรือขี้เลื่อยกลบหลุม โดยเหลือบางส่วนที่ยังไม่กลบทับไว้เพื่อจุดติดไฟ เมื่อไฟลุกติดท่อนไม้ดีแล้ว จึงกลบหลุมให้มิด วิธีการนี้ให้

ประสิทธิภาพในการผลิตน้อย ต่อมามีการพัฒนาเตาเผาถ่านบนพื้นดิน เช่น เตาดินเหนียวก่อ เตาอิฐก่อ โดยเตาเหล่านี้จะถูกก่อด้วยดินเหนียวหรืออิฐเป็นรูปโดมให้มีประตูทางเข้า ขนาดลอดเข้าไปวางไม้ฟืน หรือท่อนไม้ได้ พอกด้านนอกของเตาด้วยดินเหนียว เมื่อจัดเรียงไม้ฟืน หรือท่อนไม้ที่ต้องการเผาเสร็จเรียบร้อยแล้ว จากนั้นจะจุดติดไฟเพื่อไล่ความชื้น หลังจากนั้นผู้เผาก็จะสุมไฟจนไฟลุกติดไม้ฟืนแล้ว ก็จะปิดปากหลุมจนมิดเพื่ออบให้ความร้อนข้างในเผาจนไม้ฟืนกลายเป็นถ่าน การเผาลักษณะนี้จะให้ประสิทธิภาพการเผาที่ดีกว่าเตาหลุมผี

เตาเผา

เตาเผาถ่านที่นิยมใช้กันในประเทศไทย ในปัจจุบันมีรูปแบบหลากหลายชนิด ได้แก่ เตาดินเหนียว เตาอิฐก่อ เตาอิวาตะ และเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร เป็นต้น

เตาดินเหนียว เป็นเตาอย่างง่าย ลงทุนก่อสร้างต่ำ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้าง ใช้ดินเหนียวก่อ ซึ่งหาได้ง่ายตามพื้นที่ต่าง ๆ คุณภาพถ่านค่อนข้างดี แต่ผลผลิตที่ได้จะน้อยกว่าเตาชนิดอื่นมีการสูญเสียมากกว่า

เตาอิฐก่อ ซึ่งต้องใช้อิฐเป็นอุปกรณ์ก่อสร้าง (สำนักถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี 2010) ทำให้การลงทุนในการก่อสร้างเตาประเภทนี้สูงกว่าเตาดิน และใช้ดินเหนียวเป็นตัวยึดอิฐก้อนให้ติดกันเป็นรูปเตาเนื่องจากเมื่อเตาร้อนการขยายตัวจะน้อยทำให้เตาไม่แตกร้าว อายุการใช้งานก็นานขึ้น เตาอิฐจะให้ผลผลิตการเผามากว่าเตาดิน เหมาะสำหรับการผลิตเป็นจำนวนมาก หรือเพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรม

เตาอิวาเตะ ต้นแบบเตานำมาจากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็นเตาที่คล้ายกับเตาอิฐแต่มีวิธีการสร้างยุ่งยากกว่าและมีการลงทุนสูง ต้องใช้อิฐปริมาณมากในการก่อสร้าง และมีขั้นตอนยุ่งยาก ถ่านที่ได้จากการเผาด้วยเตาอิวาเตะจะมีคุณภาพดี ได้ปริมาณผลผลิตถ่านมาก นอกจากนี้ เตาอิวาเตะยังให้ผลผลิตเป็นน้ำส้มควันไม้ ซึ่งเป็นผลพลอยได้ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น เป็นสารป้องกันแมลง เป็นต้น

เตาถังน้ำมัน 200 ลิตร เป็นการเผาถ่านในเตาที่สร้างจากถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร ซึ่งอาจสร้างในแนวนอนหรือแนวตั้งก็ได้ เป็นเตาที่ได้รับความนิยม เนื่องจากสร้างง่ายและราคาถูก มีประสิทธิภาพสูง

ขบวนการไพโรไลซิสชีวมวล

เป็นการผลิตถ่านจากการเปลี่ยนสภาพของชีวมวลโดยการให้ความร้อนภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ซึ่งชีวมวลจะมีการสลายตัวขององค์ประกอบต่าง ๆ จนกลายเป็นถ่านมีขั้นตอนดังนี้ (Czernik 2010)

1. Drying เป็นการไล่ความชื้นในชีวมวลด้วยความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 200 องศาเซลเซียส ซึ่ง ชีวมวลจะคายน้ำที่ยังหลงเหลืออยู่ในเซลล์ และระหว่างเซลล์ ก่อให้เกิดควันที่ออกมีลักษณะสีขาว ซึ่งจะมีแต่ไอน้ำ ไม่มีกลิ่น

2. Retification เป็นการให้ความร้อนแก่ชีวมวลที่อุณหภูมิประมาณ 230-250 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมีการสลายตัวของกรดน้ำส้ม (Acetic acid) และเมธานอล (Methanol) เจือปนออกมากับควันด้วย

3. Torrefaction อุณหภูมิจะอยู่ประมาณ 250 – 280 องศาเซลเซียส ช่วงนี้ชีวมวลสลายตัวมากขึ้นด้วยตัวเอง ซึ่งเกิดจากความร้อนที่สะสมไว้

4. Devolatilization ชีวมวล และสารอินทรีย์อื่น ๆ ได้แก่ ลิกนิน จะสลายตัวในรูปของสารระเหย ก๊าซ และไอน้ำอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิประมาณ 300 – 500 องศาเซลเซียส สารระเหยในช่วงอุณหภูมินี้อาจจะถูกดักเก็บ เป็นน้ำส้มควันไม้ หลังจากกลไกการสลายในขั้นตอนนี้ชีวมวลจะเปลี่ยนสภาพเป็นถ่านทั้งหมด

5. Carbonization เป็นการทำให้ถ่านบริสุทธิ์ขึ้นที่อุณหภูมิในช่วง 500 - 600°C ถ่านที่เกิดขึ้นจากกระบวนการก่อนหน้านี้ที่อุณหภูมิ ประมาณ 400 °C ซึ่งถ่านที่ได้นั้นแม้ว่าจะกลายเป็นถ่านแล้ว แต่เป็นถ่านที่มีคุณภาพต่ำ เนื่องจากยังคงมีน้ำมันดิน(Tar) ในปริมาณที่สูง เมื่อนำไปใช้ปิ้งย่าง น้ำมันดินที่ถูกเผาไหม้จะสลายตัวเป็นสารประกอบในกลุ่ม เบนโซไพรีน (Benzopyrene) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ในขั้นตอนนี้จึงเป็นการทำให้น้ำมันดินจะถูกสลายออกไปและทำให้ถ่านบริสุทธิ์ขึ้น

ในประเทศไทยถ่านไม้ยังได้รับความนิยมในด้านการให้พลังงานเพื่อการหุงต้ม เมื่อมีความต้องการพลังงานมากขึ้น ทำให้เกิดการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ เพื่อผลิตถ่านไม้ให้ได้มากขึ้น ไม้ที่ได้รับความนิยมนำมาทำถ่านไม้ ได้แก่ ไม้โกงกาง ไม้ไผ่ ปัจจุบันมีการห้ามลักลอบการตัดไม้ แต่ความต้องการใช้ถ่านไม้ยังมีอยู่มาก ทำให้เกิดการพัฒนาการนำวัสดุธรรมชาติมาเผาให้เป็นถ่าน ส่วนใหญ่เป็นเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งวัสดุเหล่านี้เมื่อเผาแล้วจะมีลักษณะหลากหลายไม่สวยงามและดูไม่เหมือนถ่าน หรืออาจจะเปราะหักเป็นผง จึงทำให้เกิดแนวคิดทำถ่านอัดแท่งจากการนำผงถ่านเหล่านั้น ไปอัดให้มีลักษณะเหมือนท่อนไม้ และสะดวกต่อการนำไปใช้งาน

ถ่านอัดแท่ง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ได้ให้ความหมายของ ถ่านอัดแท่ง หมายถึง “ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ซังข้าวโพด มาเผาจนเป็นถ่าน อาจนำมาบดเป็นผงหรือเม็ดแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ หรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย มาอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการแล้วจึงนำมาเผาเป็นถ่าน” (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 2547)

ถ่านอัดแท่ง ได้รับความนิยมใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้ม โดยเฉพาะอาหารปิ้งย่าง เนื่องจากไม่มีควัน และไม่มีกลิ่น อีกทั้งยังเผาได้นานกว่าถ่านไม้ และราคาถูก

1. ถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหรือชีวมวลสามารถนำไปผลิตเป็นถ่านอัดแท่งได้ ซึ่งจากที่มีการรายงานไว้พบว่าถ่านอัดแท่งจากวัสดุทางการเกษตรบางชนิดให้ถ่านคุณภาพสูง เช่น ถ่านจากแกลบ ขี้เลื่อย ซังข้าวโพด กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม และเปลือกไม้ยางพารา (บริษัทไทยซูมิ 2551) นอกจากถ่านอัดแท่งจากวัสดุที่กล่าวมาแล้วนั้น ยังมีรายงานถ่านอัดแท่งที่ทำจากวัสดุทางการเกษตรอื่น ๆ ได้แก่ ไม้ไผ่ ฟางข้าว ไม้ยูคาลิบตัส เป็นต้น นอกจากวัสดุดังกล่าวมาแล้วยังมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่น ๆ อีกมากที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง

2. การผลิตถ่านอัดแท่ง แบ่งออกได้เป็น 2 วิธี ได้แก่ การอัดเย็น และการอัดร้อน (บริษัทไทยซูมิ 2551)

การอัดเย็น การผลิตถ่านโดยวิธีการอัดเย็น นิยมใช้กับถ่านที่เผาเสร็จเรียบร้อยแล้ว มักนำไม้ฟืนหรือท่อนไม้หรือวัสดุทางการเกษตรที่ต้องการนำมาทำเป็นถ่าน นำมาเผาให้เป็นถ่าน จากนั้นบดถ่านให้เป็นผง นำผงถ่านไปอัดให้เป็นแท่งด้วยเครื่องอัดแท่ง โดยใช้วัสดุผสานเช่น แป้งเปียกหรือน้ำตาล เป็นตัวยึดประสานให้ผงถ่านยึดติดกันเป็นก้อนได้ แท่งถ่านที่ได้จะถูกตัดให้เป็นก้อนให้ได้ขนาดตามความต้องการ แล้วนำไปทำให้แห้งโดยการตากแดดหรือเข้าตู้อบ ก่อนนำไปใช้งาน

การอัดร้อน ถ่านจากการอัดร้อนผลิตได้โดยนำวัสดุอินทรีย์ หรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น วัชพืช เศษไม้ ใบไม้ ชานอ้อย ฟาง ซังข้าวโพด แกลบ หรือขี้เลื่อย มาอัดให้เป็นแท่งก่อนการนำไปเผา ด้วยเครื่องอัดภายใต้ความร้อน โดยวัสดุทางการเกษตรที่จะนำมาอัดให้เป็นก้อนนั้นจะต้องแห้งสนิทดี เมื่อถูกอัดด้วยกำลังสูงในกระบอกอัดที่ร้อน ความร้อนจะทำให้สารลิกนินในสารอินทรีย์หรือเศษไม้นั้นละลาย ทำให้เนื้อไม้จับตัวกันเป็นก้อนได้ เมื่อเศษวัสดุเหล่านั้นถูกอัดจะถูกดันให้ไหลออกจากเครื่องอัด เป็นแท่งฟืน ซึ่งแท่งนี้จะถูกตัดให้เป็นท่อน ๆ ให้ได้ขนาดตามความต้องการก่อนที่จะนำไปเผาเป็นถ่านต่อไป ข้อดีของวิธีการอัดร้อนคือ สามารถใช้ได้กับวัสดุอินทรีย์ได้ทุกชนิด แม้ว่าจะเป็นเศษวัสดุชิ้นเล็ก ๆ ก็สามารถนำมาอัดให้เป็นแท่งได้ ซึ่งเป็นการลดปริมาณขยะจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้เป็นจำนวนมาก แต่ข้อเสียของวิธีการนี้ เศษวัสดุที่จะนำมาอัดร้อนจะต้องแห้งสนิทดี มิฉะนั้นเศษวัสดุเหล่านั้นจะไม่จับกันเป็นก้อน ซึ่งอาจจะต้องเสียเวลาและพลังงานในการทำให้วัสดุแห้งเสียก่อน นอกจากนี้ การผลิตจะต้องใช้เครื่องอัดร้อน ซึ่งเป็นการลงทุนสูงและสิ้นเปลืองพลังงานในการทำให้เครื่องร้อนขณะอัด

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่าน: เปลือกไม้เทียม

ไม้เทียม หรือไม้สะเดาเทียมมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Azadirachta excels(jack) Jacobs อยู่ในตระกูลMeliaceae เป็นไม้โตเร็วที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ซึ่งกรมป่าไม้ได้ส่งเสริมให้การปลูกป่า เพื่อตอบ สนองความต้องการของตลาด จึงทำให้ไม้เทียม เป็นไม้ที่มีความสำคัญเชิงเศรษฐกิจของภาคใต้ (ชัยวัฒน์ 2553)

1. ลักษณะทั่วไปของไม้เทียม

ไม้เทียมเป็นไม้ยืนต้นสูงตรง ลำต้นเปลาตรง เรือนยอดเป็นพุ่มกลมทึบ ใบเป็นใบประกอบ ขอบใบหยักคล้ายฟันเลื่อย ใบเบี้ยวไม่ได้สัดส่วน ปลายใบแหลมเป็นติ่ง ฐานใบเบี้ยวไม่เท่ากัน เนื้อใบหนา เกลี้ยง สีเขียวเป็นมัน ออกดอกเป็นช่อตามง่ามใบหรือปลายกิ่ง ดอกบานสีขาว ออกดอกช่วงเดือนมีนาคม ผลทรงกลมรี ผลแก่สีเขียว เมื่อสุกจะเป็นสีเหลือง เมื่อไม้อายุมากขึ้นโคนต้นจะมีพูพอนเล็กน้อย เนื้อไม้มีเสี้ยนตรงสีน้ำตาลแดง ลำต้นอ่อน เปลือกเรียบสีน้ำตาลแดง (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช 2553)

ภาพที่ 1 ไม้สะเดาเทียม (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช 2553)

2. การแพร่กระจายพันธุ์

ไม้เทียมพบขึ้นอยู่มากในภาคใต้ ตั้งแต่จังหวัดชุมพรลงไป เช่น จังหวัด นครศรีธรรมราช ตรัง สงขลา และพัทลุง โดยขึ้นกระจัดกระจายตามเรือกสวนไร่นาทั่วไป และในต่างประเทศพบว่ามีการขึ้นอยู่แถบ สุมาตรา มาเลเซีย บอร์เนียว ฟิลิปปินส์ นิวกินี และหมู่เกาะอารู ซึ่งยังไม่ทราบถิ่นกำเนิดที่แน่ชัด

ไม้เทียมมีบทบาทในอุตสาหกรรมป่าไม้ และได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมไม้ มีการปลูกกันมากทางภาคใต้ เป็นไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นไม้โตเร็วปลูกขึ้นง่าย

มอด ปลวกไม่กินเนื้อไม้ คุณภาพดีเหมาะที่จะทำเฟอร์นิเจอร์ และตกแต่งภายใน มักใช้ทำวงกบ ประตูหน้าต่าง มีความแข็งแกร่ง ทำเป็นเสาเรือน คาน หรือเป็นพื้นบ้าน ขายได้ราคากว่าไม้โตเร็ว ประเภทอื่น ๆ (เกษตรแผ่นดินทอง 2553)

จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นจังหวัดที่มีการปลูกสวนป่าไม้เทียมเป็นจำนวนมาก จึงเป็นแหล่งผลิตไม้เทียมสำหรับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และเพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง ก่อนการนำไม้เทียมไปแปรรูป จะต้องทำการลอกเปลือกไม้ออกก่อน ซึ่งทำให้มีเศษเปลือกไม้เทียมเหลือทิ้งอยู่เป็นจำนวนมาก ส่วนใหญ่ผู้ประกอบการมักจะทิ้งให้เน่าเปื่อยไปเอง ดังรูปที่ 2

(a) (b)

ภาพที่ 2 (a, b) เปลือกไม้เทียมที่เหลือใช้จากการใช้เนื้อไม้เป็นวัสดุก่อสร้างและ การทำเฟอร์นิเจอร์

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีเป้าหมายในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม กระทำได้โดยการรวบรวมเปลือกไม้จากแหล่งวัตถุดิบซึ่งเป็นโรงงานหรือร้านขายวัสดุก่อสร้างที่ทำจากไม้ ซึ่งตามโรงงานเหล่านี้มักจะมีเศษวัสดุจากไม้เป็นจำนวนมาก ได้แก่ ปีกไม้ยางพารา เปลือกไม้สน เปลือกไม้เทียม และเศษไม้อื่นๆ เศษไม้เหล่านี้โดยเฉพาะเปลือกไม้เทียมและเปลือกไม้สน มักจะไม่เป็นที่ต้องการ เจ้าของโรงงานมักจะกองทิ้งให้ย่อยสลายผุพังไปตามธรรมชาติ เปลือกไม้ที่รวบรวมได้ต้องนำมาตากแดดให้แห้งก่อนนำมาเผา และบดอัดให้เป็นถ่านอัดแท่งโดยการอัดเย็น จากนั้นนำมาศึกษาสมบัติของถ่านอัดแท่ง ได้แก่

- ปริมาณความชื้น (Moisture content)
- ปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile matters)
- ปริมาณเถ้า (Ash content)

- ปริมาณคาร์บอนเสถียร (Fixed carbon)
- ค่าความร้อน (Heating value)

จากการวิเคราะห์สมบัติที่ได้ จะนำมาใช้ในการประเมินคุณภาพถ่านอัดแท่ง ที่ผลิตได้จากเปลือกไม้เทียม เพื่อลดปริมาณขยะและเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียทางการเกษตร

การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณและค่าความร้อน

การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณเป็นวิธีการหาปริมาณความชื้น ปริมาณสารที่ระเหยได้ ปริมาณเถ้า และปริมาณคาร์บอนเสถียรในถ่านไม้ หรือถ่านหิน รายละเอียดการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้ (ธราพงษ์ 2553: 120-121)

ปริมาณความชื้น เป็นการหาปริมาณน้ำที่มีอยู่ในถ่าน โดยการอบถ่านให้แห้งด้วยเตาอบและทำการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ซึ่งต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง) การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นได้โดย นำถ่านบดอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส อบจนกระทั่งน้ำหนักของถ่านคงที่ แล้วนำน้ำหนักที่หายไป คำนวณหาปริมาณความชื้น

ปริมาณสารที่ระเหยได้ เป็นร้อยละของปริมาณสารระเหยที่ได้ ทดสอบได้โดยนำถ่านบดละเอียดอบแห้งในถ้วยกระเบื้องที่มีปิดฝาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส นาน 7 นาที จากนั้นชั่งหาน้ำหนักที่หายไป ซึ่งจะเป็นมวลของสารระเหย ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบของคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน

ปริมาณเถ้า เป็นร้อยละของปริมาณสารที่เหลือจากการเผาถ่าน เถ้าโดยส่วนใหญ่มักประกอบด้วยออกไซด์ ที่เหลือจากการเผา ปริมาณเถ้าของถ่านแต่ละชนิดอาจจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นถ่าน ปริมาณเถ้าจะคิดเป็นร้อยละของปริมาณสารที่เหลือจากการเผาถ่านจนมีน้ำหนักของเถ้าคงที่ที่อุณหภูมิ 700 – 750 องศาเซลเซียส

ปริมาณคาร์บอนเสถียร หมายถึง เป็นร้อยละของส่วนที่เป็นของแข็งที่เหลือจากการขจัดความชื้น สารระเหยได้ ในถ่าน

ค่าความร้อน หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก 1 กรัม มีหน่วยเป็นแคลอรีต่อกรัม

คุณลักษณะของถ่านอัดแท่งที่ต้องการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนั้น ถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้จะต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจมีการแตกหักได้บ้าง เมื่อนำมาใช้งาน ต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็นเมื่อติดไฟ และไม่มีควันกลิ่น ปริมาณความชื้นต้องไม่เกิน 8 % โดยน้ำหนัก และมีค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 5000 แคลอรีต่อกรัม

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้จะศึกษาถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้จากเปลือกไม้เทียมมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. วัสดุอุปกรณ์ และสารที่ใช้ในการทดลอง
2. สถานที่ทำการทดลอง
3. การผลิตถ่านจากเปลือกไม้เทียม
4. การวิเคราะห์สมบัติโดยประมาณและค่าความร้อนของถ่านที่ผลิตจากเปลือกไม้เทียม

วัสดุอุปกรณ์ และสารที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์

เตาเผา (Furnace)

เตาอบ (Oven)

ถ้วยกระเบื้อง(Crucible)

โถดูดความชื้น (Desiccators)

บอมบ์คาลอริมิเตอร์อย่างง่าย

ครกบด

สารเคมี

น้ำ

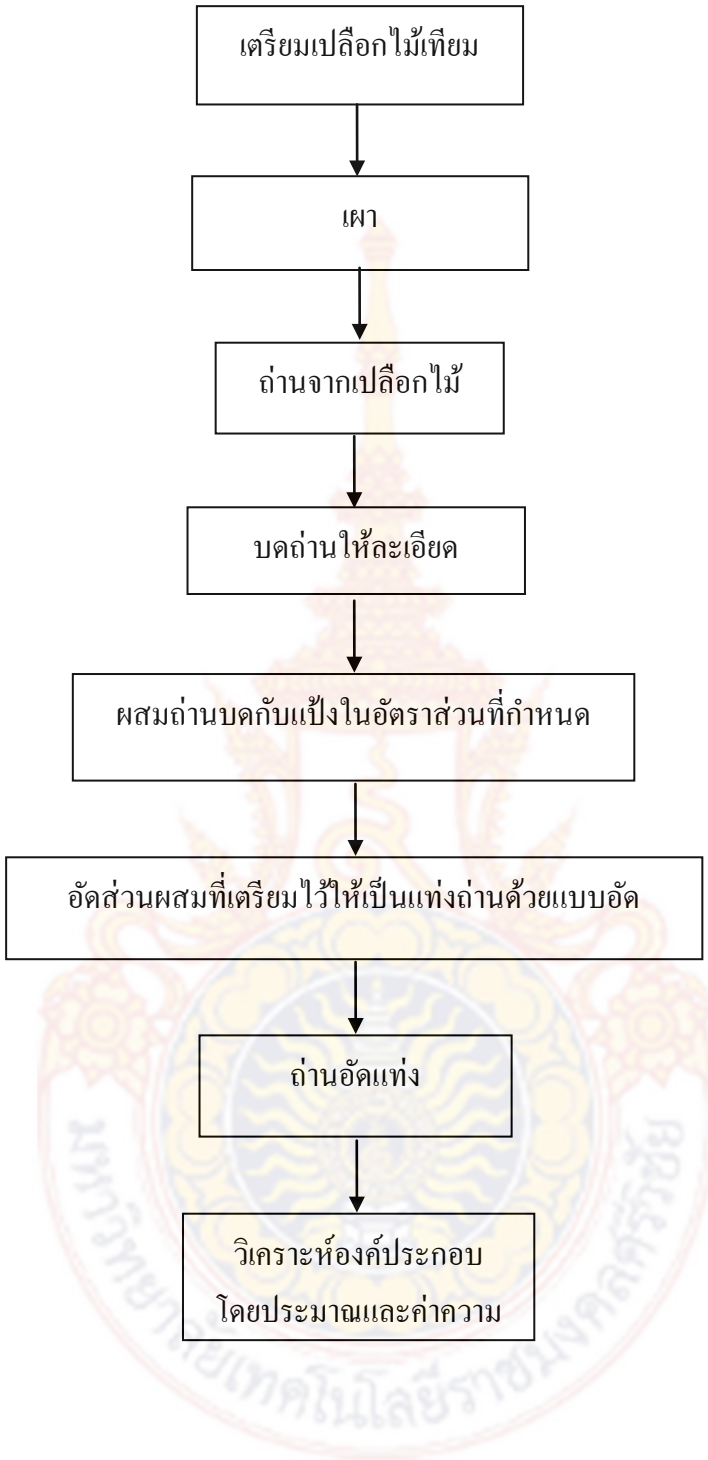
แป้งมันสำปะหลัง

สถานที่ทำการทดลอง

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช

การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม

ขบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียมโดยการอัดเย็น แสดงไว้ตามแผนผังดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3 แผนผังการดำเนินการวิจัยถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม

1. เตรียมวัตถุดิบ รวบรวบเปลือกไม้ผึ่งให้แห้ง จากนั้นกองรวบรวมไว้เพื่อรอเผา คำนวนหาความชื้นของเปลือกไม้ในรูปร้อยละ

ภาพที่ 4 เปลือกไม้เทียม

2. การเผา เปลือกไม้เทียมเมื่อแห้งดีแล้ว นำมาเผาให้เป็นถ่าน คำนวณหาปริมาณถ่านและปริมาณสารระเหยจากน้ำหนักถ่าน

การเผาถ่าน ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

ขั้นแรก เป็นการไล่ความชื้นที่มีอยู่ในเนื้อไม้ หรือวัสดุชีวมวล โดยเมื่อเริ่มจุดไปเตา จะเริ่มให้ความร้อนที่บริเวณหน้าเตา ความร้อนจะกระจายเข้าสู่เตาเพื่อไล่ความชื้นในเนื้อไม้ ในขั้นตอนนี้จะมีควันออกมาจากปล่องควันมีลักษณะเป็นควันสีขาวประกอบไปด้วยไอน้ำ อุณหภูมิบริเวณภายในเตาจะประมาณ 150 ^{0} C เมื่อเติมเชื้อเพลิงต่อไปเรื่อย ๆ ควันสีขาวจะเกิดมากขึ้น อุณหภูมิภายในเตาจะเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 200-250 ^{0} C ซึ่งควันจะมีส่วนประกอบของกรดน้ำส้ม และเอทานอลปะปนออกมากับควัน

ขั้นตอนที่สอง เมื่อให้ความร้อนต่อไปเรื่อย ๆ จนไอน้ำเริ่มหมด ควันขาวเริ่มจางลง อุณหภูมิภายในเตาจะเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 300-400 ^{0} C ช่วงนี้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้จะถูกขับออกมาในรูปของน้ำส้มควันไม้ ช่องหน้าเตาจะถูกปรับให้มีขนาดเล็กลงเพื่อรักษาอุณหภูมิภายใน และไม่ให้มีอากาศมากนัก อุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นเป็น 400- 450^{0} C สังเกตได้จากควันที่กระจายออกในขั้นตอนนี้จะเริ่มเป็นสีน้ำเงิน

ขั้นตอนที่สาม ขั้นตอนนี้ถ่านจะเริ่มกลายเป็นถ่านบริสุทธิ์ เตาจะถูกปิดให้เหลือช่องเล็กลงเพื่อเพิ่มอุณหภูมิภายในเตา เมื่อควันกลายเป็นสีฟ้าจาง ๆ นั้นแสดงว่าไม้กลายเป็นถ่านเกือบหมดแล้วให้ทำการปิดปากเตา ด้วยดินเหนียวทำการอุดรอยต่อตามจุดต่าง ๆ และกลบหลังเตาด้วยดินหรือทรายไม่ได้มีรอยรั่ว และต้องปิดปล่องควันไม่ให้มีอากาศไหลผ่านได้ เนื้อไม้จะสลายตัวเป็นถ่านได้จากอุณหภูมิที่สะสมอยู่ภายในเตา ทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน เพื่อให้เนื้อไม้สลายตัวเป็นถ่านให้หมด

ขั้นตอนที่สี่ ระบายความร้อนจากเตาโดยเปิดหน้าดิน หรือทรายที่กลบเตาออก ทิ้งไว้เพื่อระบายความร้อน อีกประมาณ 1 คืนจนถ่านดับสนิท แล้วจึงค่อยเปิดเตาเพื่อเก็บรวบรวมถ่าน ในขั้นตอนนี้ถ้าหากยังมีถ่านที่ยังดับไม่สนิทอาจใช้น้ำดับไฟแล้วทิ้งไว้ให้เย็น ก่อนเก็บรวบรวมถ่าน

ภาพที่ 5 ถ่านจากเปลือกไม้เทียม

3. การบดถ่าน ถ่านที่รวบรวมได้จากการเผาจะถูกนำมาบดให้เป็นผงด้วยมือ โดยใช้ครกและสาก ทำการบดจนได้ขนาดอนุภาคละเอียดสม่ำเสมอเพื่อให้ง่ายต่อการอัดเป็นแท่ง ถ่านบดจะถูกรวบรวมเพื่อนำไปอัดเป็นแท่งต่อไป

ภาพที่ 6 ถ่านที่บดละเอียด

4. การผสมกับตัวประสานอัดแบบ โดยการนำผงถ่านผสมกับตัวประสาน เช่นแป้งมัน ผสมให้เข้ากันในกระบะ ปรับความชื้นตามความเหมาะสม โดยมีอัตราส่วนการผสม ผงถ่าน 5

กิโลกรัม น้ำ ประมาณ 1.5 ลิตร แป้งมันสำปะหลัง 800 กรัม(ผสมแป้งมันกับน้ำก่อนนำมาคลุกรวมกับผงถ่าน) จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ไปอัดแบบ

ภาพที่ 7 ถ่านไม้เทียมอัดแท่ง

5. **ผึ่งแดดให้แห้ง ก่อนบรรจุผลิตภัณฑ์**
6. **เก็บตัวอย่างถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้ไปวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณและค่าความร้อน**

การวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณและค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง

ถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียมที่ได้ นำมาบดให้ละเอียดและร่อนด้วยตะแกรงขนาด 250 μm จากนั้นเก็บตัวอย่างถ่านที่บดได้เพื่อนำไปวิเคราะห์โดยประมาณและหาค่าความร้อน

1. การวิเคราะห์ความชื้น

การวัดความชื้นของถ่านจากเปลือกไม้เทียม วัดได้โดยวิธีตรง โดยชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของถ้วยกระเบื้องก่อนบรรจุถ่านบดละเอียด จากนั้นเมื่อใส่ตัวอย่างถ่านที่ต้องการวัดความชื้น ชั่งน้ำหนักรวมของถ้วยกระเบื้องและตัวอย่าง ก่อนนำเข้าเตาอบที่ 110 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นประมาณ 30 นาที จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณความชื้นที่หายไปเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น ปริมาณความชื้นจะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ คำนวณจาก

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{|W_0 - W_1|}{W_0} \times 100$$

เมื่อ W_0 = น้ำหนักตัวอย่างถ่านก่อนอบ

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างถ่านหลังอบ

2. การวิเคราะห์หาปริมาณสารที่ระเหยได้

ชั่งน้ำหนักที่ที่แน่นอนของถ้วยกระเบื้องพร้อมฝา ใส่ตัวอย่างถ่านไม้ที่บดแล้วในถ้วยกระเบื้อง ชั่งน้ำหนักพร้อมฝา นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที จากนั้นนำถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผา แล้วทิ้งให้เย็น ในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างพร้อมภาชนะ คำนวณหาปริมาณสารระเหยดังสมการ

$$\% \text{ สารระเหย} = \frac{|W_0 - W_1|}{W_0} \times 100$$

เมื่อ W_0 = น้ำหนักตัวอย่างถ่านก่อนอบ

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างถ่านหลังอบ

3. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า

ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของถ้วยกระเบื้องพร้อมฝา ใส่ตัวอย่างถ่านที่บดละเอียดแล้วในถ้วยและชั่งน้ำหนักรวมของถ้วยกระเบื้องและตัวอย่างพร้อมฝา นำไปเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง จากนั้นนำถ้วยกระเบื้องทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหลังการเผา คำนวณหาปริมาณเถ้าจากสมการ

$$\% \text{ เถ้า} = \frac{|W_0 - W_1|}{W_0} \times 100$$

เมื่อ W_0 = น้ำหนักตัวอย่างถ่านก่อนเผา

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างถ่านหลังเผา

4. การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนเสถียร

ปริมาณคาร์บอนเสถียรหาได้จากสมการต่อไปนี้

% คาร์บอนที่เสถียร = 100 – (% ความชื้น + % สารระเหย + % เถ้า)

5. การวิเคราะห์หาค่าความร้อน

การวิเคราะห์ค่าความร้อนสามารถหาได้จากบอมบ์คาลอริมิเตอร์อย่างง่าย เพื่อประยุกต์ใช้ในการประมาณค่าความร้อนของถ่านจากเปลือกไม้เทียม ทำการทดลองได้โดยนำบอมคาลอริมิเตอร์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของสาร ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบกับออกซิเจนที่มากเกินพอ และจะคายความร้อนออกมา โดยความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาจะทำให้น้ำที่บรรจุอยู่ในบอมบ์คาลอริมิเตอร์มีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งสามารถคำนวณหาความร้อนจากปฏิกิริยาได้จากอุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้ได้จากสูตร

$Q = mc\Delta t$

เมื่อ Q คือ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้

m คือ น้ำหนักของน้ำ

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.184 J/g.^{o}C

Δt คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเกิดการเผาไหม้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

เปลือกไม้เทียม มีลักษณะเป็นแผ่นเยื่อไม้บาง ๆ มีน้ำหนักเบา ถูกลอกออกจากลำต้นของต้นเทียม ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านนั้น จากการรวบรวมเปลือกไม้ พบว่ามีเปลือกไม้ที่สดใหม่ และมีทั้งเปลือกไม้เก่าที่ผุพังปะปนกันอยู่ จึงนำไปผึ่งแดดให้แห้งก่อน จากนั้นจึงได้นำมาดำเนินการทดลองต่อไป

ผลการวิเคราะห์ถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์เปลือกไม้เทียม

สมบัติที่ตรวจสอบ	ปริมาณ
ความชื้น (%)	31.0
การเปลี่ยนเป็นถ่าน(%)	22.4

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์สมบัติแบบประมาณและค่าความร้อนของถ่านจากเปลือกไม้เทียม

สมบัติที่ตรวจสอบ	ปริมาณ
ความชื้น (%)	7.0
สารระเหย (%)	61.3
คาร์บอนเสถียร (%)	23.6
เถ้า(%)	8.1
ค่าความร้อน(แคลอรี/กรัม)	5,104

จากการวิเคราะห์ความชื้นของเปลือกไม้เทียมก่อนนำมาเผา พบว่า มีค่าความชื้น ประมาณ 31 เปอร์เซ็นต์ และการเปลี่ยนเป็นถ่านประมาณ 22.4 เปอร์เซ็นต์

เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณของถ่านจากเปลือกไม้เทียม พบว่า ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอนเสถียร และปริมาณเถ้า มีค่าร้อยละ 7.0 , 61.3, 23.6 และ 8.1 ตามลำดับ ส่วนค่าความร้อนมีค่า 5,104 แคลอรีต่อกรัม

บทที่ 5
วิจารณ์ สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้ศึกษาการนำเปลือกไม้เทียม ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากธุรกิจอุปกรณ์ก่อสร้าง มาใช้ให้เป็นประโยชน์โดยการผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง

จากการศึกษาสมบัติเบื้องต้นของเปลือกไม้เทียมที่ได้ พบว่ายังมีความชื้นอยู่ค่อนข้างมาก อาจเป็นเพราะเปลือกไม้เทียมมีลักษณะเป็นเยื่อบางนุ่ม ทำให้ดูดซับความชื้นได้ดี ก่อนเผาต้องทำให้แห้งโดยการตากแดดก่อนซึ่งช่วยลดความชื้นได้บางส่วน แต่ก็ยังมีปริมาณความชื้นหลงเหลืออยู่ในเนื้อไม้อยู่ถึง 31.0 เปอร์เซ็นต์ เปลือกไม้ที่แห้งดีแล้วจะช่วยให้การเผาใช้ระยะเวลาไม่นานนัก จุดติดไฟง่าย

จากการศึกษาปริมาณการเปลี่ยนเป็นถ่านของเปลือกไม้เทียม พบว่า เปลือกไม้เทียมให้ผลผลิตเป็นถ่าน เพียง 22.4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเริ่มต้น

ถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้จากเปลือกไม้เทียมมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกตันขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร รูปร่างสม่ำเสมอ เมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ ประกอบโดยประมาณ และค่าความร้อน พบว่า

ความชื้น ที่ได้จากการวิเคราะห์ มีค่าความชื้นร้อยละ 7.0 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 8 ปริมาณ แต่ความชื้นที่ยังหลงเหลืออยู่อาจเกิดจากความชื้นของน้ำและตัวประสานในถ่าน ที่ยังไม่แห้ง

ปริมาณสารระเหย จากการวิเคราะห์ พบปริมาณสารระเหยได้ร้อยละ 61.3 ซึ่งเป็นปริมาณที่ค่อนข้างสูง ซึ่งอาจเกิดจากขั้นตอนคาร์บอไนเซชันไม่สมบูรณ์ โดยอุณหภูมิในช่วงสุดท้ายของการเปลี่ยนเป็นถ่านยังไม่สูงพอที่จะทำให้ถ่านบริสุทธิ์จากสารระเหยได้ หรืออาจเกิดจากช่วงการเกิดคาร์บอไนเซชันใช้เวลาไม่นานพอที่ถ่านจะเปลี่ยนเป็นถ่านบริสุทธิ์

คาร์บอนเสถียร ถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียมมีปริมาณคาร์บอนเสถียรที่ค่อนข้างสูง มีค่าร้อยละ 23.6 ซึ่งค่านี้จะแปรผันโดยตรงกับปริมาณความร้อน

เถ้า ปริมาณเถ้าจากเปลือกไม้เทียมมีค่าร้อยละ 8.1

ค่าความร้อน พบว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียมให้ค่าความร้อน 5104 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งมีค่ามากกว่าค่ามาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่ง

สรุปผลการทดลอง

คุณลักษณะที่ต้องการของถ่านอัดแท่งตามมาตรฐานชุมชน จะต้องมีค่าความชื้นไม่มากกว่าร้อยละ 8 และมีค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 5000 แคลอรีต่อกรัม จากการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้กับมาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่ง พบว่า ปริมาณความชื้น มีค่าร้อยละ 7.0 ซึ่งน้อยกว่ามาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่ง และค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียมซึ่งมีค่า 5,104 แคลอรีต่อกรัมมีค่ามากกว่ามาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่ง ซึ่งสรุปได้ว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม มีคุณภาพของผลิต ภัณฑ์ที่ดี มีศักยภาพที่จะนำไปใช้ประโยชน์เป็นแท่งเชื้อเพลิงเพื่อใช้ประกอบอาหารได้ และมีความเป็นไปได้ในการผลิตในเชิงพานิชย์ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้มีงบประมาณในการวิจัยน้อย ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลผลิตถ่านอัดแท่งไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ศักยภาพโดยรวมได้ ยังขาดข้อมูลในหลาย ๆ ด้าน เช่นการวิเคราะห์กลิ่น และควัน การวิเคราะห์สารแบบแยกธาตุ เพื่อศึกษาปริมาณสารระเหยให้ละเอียดยิ่งขึ้น และเพื่อศึกษามลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานและการพัฒนาผลิตถ่านอัดแท่งให้มีคุณภาพในอนาคต

นอกจากนี้ เปลือกไม้เทียมและวัสดุชีวมวลอื่น ๆ น่าจะมีศักยภาพในการผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ เพื่อใช้ในการดูดซับสารพิษทั้งในน้ำและอากาศ และทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับชีวมวลได้ดียิ่งกว่าถ่านอัดแท่ง ซึ่งควรได้รับการพัฒนาการวิจัยในด้านนี้ต่อไป

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2551). *ถ่านอัดแท่ง* สืบค้น เมื่อ 20 พฤศจิกายน 2551, จาก http://www.idp9.dip.go.th/research/previewInvesment1.asp?

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช. 2553. ชนิดพันธุ์ไม้ในโครงการ – สะเดาช้าง, เทียม สืบค้น เมื่อ 3 มีนาคม 2553, จาก http://king50.designdoodee.com/type.php?page=69&fpt=&province=&organization=

เกษตรแผ่นดินทอง. 2553. *เทียมหรือสะเดาช้าง* สืบค้น เมื่อ 25 มีนาคม 2553, จาก http://www.rakbankerd.com/agriculture/open.php?id=1188&s=tblplant

เจษฎาพร ศรียะ. 2552. *ถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด* ศูนย์บริการข้อมูลคลินิกเทคโนโลยี สืบค้น เมื่อ 25 มีนาคม 2552, จาก http://www.ttc.most.co.th/online/callcenter/show_techtype.asp?techtype=20&page

ชัยวัฒน์ แก้วพวง. 2553. *ไม้สะเดาเทียม* สืบค้น เมื่อ 3 มิถุนายน 2553, จาก http://frc.forest.ku.ac.th/cgi_bin/database/100_frc/pdf/098.pdf

ธราพงษ์ วิทิตศานต์. (2553). ถ่านกัมมันต์ การผลิตและการนำไปใช้ พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพ:โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปานใจ สื่อประเสริฐสิทธิ์. 2553. ถ่านชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 29(2) : 210-218

บริษัท ไทยซูมิจำกัด. 2551. *การใช้ประโยชน์จากถ่านไม้.* สืบค้น เมื่อ 28 สิงหาคม 2552, จาก http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/charcoal_fun2.php

บริษัท ไทยซูมิจำกัด. 2551. *การลงทุนผลิตถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว.* สืบค้น เมื่อ 8 มกราคม 2551, จาก http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/business3.php

บริษัท ไทยซูมิจำกัด. 2551. *วิเคราะห์ถ่านจากเปลือกยางพารา*. สืบค้น เมื่อ 8 มกราคม 2551, จาก http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/compara.php

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547. *ถ่านอัดแท่ง* สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. สืบค้น เมื่อ 25 มีนาคม 2552, จาก http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps238_47.pdf

สำนักถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี. 2553. *เตาผลิตถ่านชนิดก่อด้วยอิฐ* กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน สืบค้น เมื่อ 1 กันยายน 2553, จาก http://www.region11.m-energy.go.th/AKKaSan/Documents/Document12.pdf

Czernik, S., (2010) *Fundamentals of Charcoal Production* [online] available from http://www.biochar-international.org/images/Stefan_Czernik.pdf [1/09/2010]

Harris, P. J. F., (2010). *On Charcoal* [online] available from http://www.personal.rdg.ac.uk/~scsharip/Charcoal.htm [10/06/2010]

Nan, L., Best, G., Neto, C. C. D. C. (1994) The research progress of biomass pyrolysis process. Integrated energy systems in China - The cold Northeastern region experience [online] available from http://www.fao.org/docrep/T4470E/T4470E00.htm [1/09/1010]