วารสารวนศาสตร์ปีที่ ๒ ฉบับที่ ๓
กรกฎาคม-กันยายน ๒๕๒๖
Thai Journal of Forestry

ผลผลิตและประสิทธิภาพในการแปรสภาพไม้เป็นถ่าน

YIELD AND EFFICIENCY IN TRANSFORMATION OF WOOD INTO CHARCOAL

ปรีชา เกียรติกระจาย[1/]
PREECHA KIATGRAJAT

ABSTRACT

This article reviews and discusses the transformation of wood into charcoal both by using laboratory equipment and various types of small, pilot charcoal kilns, mainly in terms of charcoal yield and conversion efficiency.

It was reported in laboratory studies that mass and carbon and oxygen content were largely lost at the carbonization temperature of 200° to 300° C. The charcoal heat content was greater increased at the temperature of 300°to 400° C while the black color of charcoal was also observed at this temperature range.

The types of pilot charcoal kilns that give the highest yield and conversion efficiency are the mud and brick beehive. Mark V, rice husk mound, sawdust mound and earthen mound yield a moderate result whereas the remaining metal drum kilns, e.g., tonga, single and double drum turn out the lowest yield and efficiency, due primarily to greater loss of heat through sheet iron kiln wall, too high chimneys and firing techniques.

บทคัดย่อ

เนื้อหาของเอกสารฉบับนี้จะเป็นการทบทวนเอกสารที่รายงานในการแปรสภาพไม้เป็นถ่าน ทั้งในด้านการทดลองในห้องปฏิบัติการและจากเตาเผาถ่านขนาดเล็กชนิดต่าง ๆ โดยเปรียบเทียบถึงผลผลิตถ่าน และประสิทธิภาพในการแปรสภาพไม้เป็นถ่าน

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่า การสูญเสียมวล การลดปริมาณคาร์บอน และออกซิเจน มีมากที่สุดที่อุณหภูมิ ๒๐๐°- ๓๐๐°ซ. แต่ค่าความร้อนจะเพิ่มขึ้นมากที่สุดที่อุณหภูมิ ๓๐๐°-๔๐๐°ซ. ไม้จะเปลี่ยนเป็นสีดำที่อุณหภูมิช่วงนี้เช่นเดียวกัน

[1/] อาจารย์ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เตาถ่านที่ให้ผลผลิตถ่านและประสิทธิภาพในการแปรสภาพไม้เป็นถ่านสูงได้แก่ เตาอิฐ และเตาดินเหนียวก่อ เตาที่ให้ต่ำทั้งสองรองลงมาได้แก่ เตามาร์คไฟว์ เตาดินกลบ เตาแกลบกลบ และเตาขี้เลื่อยกลบ ส่วนเตาที่ให้ผลผลิตถ่านและประสิทธิภาพต่ำสุดได้แก่ เตาทองก้า เตาถังเดี่ยว และเตาถังคู่ การที่เตาถ่านทำด้วยเหล็กให้ผลผลิตและประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจากการสูญเสียความร้อนทางผนังเตา ซึ่งปล่องควันมีขนาดยาวและสูงเกินไป รวมทั้งกรรมวิธีการเผาถ่าน

คำนำ

ถ่านเป็นพลังงานที่สำคัญที่ใช้ในการหุงต้มสำหรับครอบครัวชนบท ในปีหนึ่ง ๆ มีการใช้ถ่านเพื่อประกอบอาหารถึง ๓,๐๐๐ ล้านกิโลกรัม (สมพงษ์ ฉันทวรภาพ ๒๕๒๖) ซึ่งปริมาณความร้อนของถ่านจำนวนนี้มีค่าเทียบกับปริมาณความร้อนที่ได้จากน้ำมันดิบถึง ๑๓.๒ ล้านบาเรล หรือคิดเป็นพลังไฟฟ้าถึง ๑๕๐๐ ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง จะเห็นได้ว่า พลังงานชดเชยที่ได้จากถ่านจำนวนนี้มีมูลค่ามหาศาล

การวิจัยและพัฒนาการผลิตถ่านและการใช้ถ่านด้วยเตาหุงต้มยังมีไม่มากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ถ่านของประเทศ ข้อมูลที่ได้จากการผลิตถ่านมักจะมาจากการสำรวจเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีความแปรผันมาก สิ่งที่กำจัดออกไปไม่ได้ก็คือความแปรผันที่เกิดจากตัวบุคคลเผาถ่านที่แตกต่างกันออกไป บางแห่งผู้เผาถ่านมีความสนใจมากก็มักจะได้ผลผลิตถ่านสูง แต่บางแห่งผู้เผาถ่านขาดความรับผิดชอบละทิ้งเตาถ่านเป็นเวลานานก็ได้ผลผลิตถ่านต่ำ ทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่แน่นอน และมีความลำบากที่จะสรุปผลการทดลองนั้น ๆ อีกประการหนึ่งที่ควบคุมไม่ได้สำหรับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจชนิดและคุณภาพของไม้ ซึ่งมักเป็นไปตามมีตามเกิด สำหรับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจบางทีอาจพบไม้ที่ผุมาก หรือไม้ที่มีขนาดแตกต่างกันมาก นอกจากนี้ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือการก่อสร้างเตา ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้จะแปรผันไปตามท้องที่ที่ทำการสำรวจ ทำให้การตีความหมายของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจไม่ถูกต้องเท่าที่ควร

จุดประสงค์ของเอกสารเรื่องนี้ก็เพื่อทบทวนถึงทฤษฎีและผลการทดลองการแปรสภาพไม้เป็นถ่านในห้องปฏิบัติการ โดยสรุปถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อผลผลิตถ่านและประสิทธิภาพในการแปรสภาพไม้เป็นถ่านในตอนต้น จากนั้นจึงนำข้อมูลหรือผลสรุปเหล่านี้ไปใช้อธิบายสรุปผลการทดสอบเตาเผาถ่านที่ตั้งอยู่ ณ ศูนย์วิจัยถ่าน พุแค สระบุรี โดยใช้ไม้สีเสียดแก่นทุก ๆ การทดสอบ และใช้ผู้ทดสอบคนเดียวกันเพื่อหาคุณสมบัติและลักษณะของเตาเผาถ่านที่มีศักยภาพพอที่จะนำไปเผยแพร่ในอนาคต

๑. องค์ประกอบของไม้และถ่าน

เนื้อหาในบทนี้เน้นหนักถึงองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม้ใบกว้าง และองค์ประกอบเบื้องต้นของไม้และถ่าน เพื่อเป็นพื้นฐานความรู้ในการเปลี่ยนสภาพจากป่าไม้เป็นถ่านทั้งในผลผลิตและการแปรสภาพไม้เป็นถ่าน

๑.๑ องค์ประกอบของไม้ใบกว้าง

เป็นที่ทราบอย่างแน่ชัดว่า ผนังเซลล์ของไม้ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตและลิกนิน

ส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรตแบ่งเป็นเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส องค์ประกอบเหล่านี้ตามรายงานจากการวิเคราะห์เนื้อไม้ใบกว้างจำนวน ๑๘ ชนิด สรุปได้ดังนี้ (Karchesy and Koch 1979)

เซลลูโลส	๓๓.๘-๔๘.๗ %
เฮมิเซลลูโลส	๒๓.๒-๓๗.๗ %
ลิกนิน	๑๙.๑-๓๐.๓ %
สารแทรก	๑.๑-๙.๖ %
ขี้เถ้า	๐.๑-๑.๓ %
รวม	๑๐๐ %

เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส เป็นสารโพลีเมอร์ที่เกิดจากการรวมตัวของน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลหกคาร์บอนและน้ำตาลห้าคาร์บอนอื่น ๆ ตามลำดับ ส่วนลิกนินเป็นโพลีเมอร์ของเฟนิลโพร-เพน

๑.๒ องค์ประกอบเบื้องต้นของไม้และถ่าน

เป็นที่ทราบโดยทั่วไปว่า เนื้อไม้ประกอบไปด้วยคาร์บอน ๕๐-๕๕ % ออกซิเจน ๔๐-๔๕ % และไฮโดรเจน ๖-๗ % และไนโตรเจนกับขี้เถ้าจำนวนน้อย (ราว ๑ %) ธาตุที่ให้ความร้อนในไม้คือคาร์บอน และไฮโดรเจน เมื่อธาตุทั้งสองเกิดการสันดาปจะให้ค่าความร้อนดังสมการต่อไปนี้

$2C + O_2 \longrightarrow 2CO +$ ความร้อน (2,100 แคลอรี/กรัม)

$C + O_2 \longrightarrow CO +$ ความร้อน (7,900 แคลอรี/กรัม)

$2H_2 + O_2 \longrightarrow H_2O +$ ความร้อน (34,000แคลอรี/กรัม)

จากปริมาณของคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน ดังกล่าวทำให้ค่าความร้อนของไม้ชนิดต่าง ๆ แตกต่างกันไปไม่มากนัก ดังค่าความร้อนอบแห้งของไม้ใบกว้าง จากการสำรวจของ Karchesy and Koch 1979 และ Ince 1979 อยู่ระหว่าง ๔,๒๖๗-๕,๓๙๓ แคลอรีต่อกรัม

ในการแปรสภาพไม้เป็นถ่าน จะมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเบื้องต้น ซึ่งคิดจากมวลแต่ละสภาวะดังนี้ ปริมาณของคาร์บอนจะเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณของออกซิเจนจะลดลง ซึ่งจะเป็นผลทำให้ค่าความร้อนของถ่านเพิ่มขึ้น ดังเช่นองค์ประกอบเบื้องต้นของถ่านที่เกิดจากอุณหภูมิในการผลิตระหว่าง ๔๐๐°-๕๐๐°ซ. จะประกอบไปด้วยคาร์บอน ๘๓-๙๐ % ออกซิเจน ๗-๑๓ % และไฮโดรเจน ๓.๑-๓.๘ % (Wenzl 1970) ที่อุณหภูมิ ๔๐๐°-๕๐๐°ซ.นี้ ค่าความร้อนของถ่านจากไม้ใบกว้างจะอยู่ระหว่าง ๕,๔๐๐-๗,๔๐๐ แคลอรีต่อกรัม (Baileys and Blankenhorn 1982)

๒. การแปรสภาพไม้เป็นถ่าน

๒.๑ ปฏิกริยาของคาร์โบไฮเดรตและลิกนิน

ปฏิกริยาของคาร์โบไฮเดรตในการเปลี่ยนเป็นถ่านแบ่งออกได้สองระยะคือ ระยะ

แรกที่อุณหภูมิต่ำกว่า ๓๕๐°ซ. จะเกิดปฏิกริยาดีไฮเดรชัน เอลิมิชัน ซึ่งปฏิกริยาเหล่านี้เป็นผลมาจากการแยกตัวของกลูโคสออกจากเซลลูโลส เกิดเป็นลีโวกลูโคแซน ลีโวกล๕โคแซโนน และเกิดเป็น โพสเมอร์ ดังแสดงไว้ในภาพที่ ๑ ซึ่งสรุปมาจากรายงานของ Shafizadeh and Chin 1977 ที่อุณหภูมิสูงกว่า ๓๕๐° ซ. จะเกิดปฏิกริยาคาร์บอไนเซชัน เป็นหลัก ซึ่งปฏิริยานี้เกิดมาจากแรดิคอลอิสระเป็นสำคัญ สีของไม้เริ่มเปลี่ยนเป็นสีดำ (Baileys and Blankenhorn 1982)

การเกิดปฏิกริยาของลิกนินในการแปรสภาพไม้เป็นถ่านจะเกิดแรดิคอลอิสระที่อุณหภูมิสูงกว่า ๓๕๐°ซ. เช่นเดียวกับเซลลูโลส การเกิดปฏิกริยาคาร์บอไนเซชันทั้งลิกนินและคาร์โบไฮเดรตที่อุณหภูมิสูงยังไม่ได้มีการศึกษาอย่างละเอียด ดังเช่นปฏิกริยาของเซลลูโลสที่อุณหภูมิต่ำกว่า ๓๕๐°ซ.

๒.๒ การสูญเสียมวลขององค์ประกอบเนื้อไม้

มวลของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสจะสูญเสียมากที่สุดระหว่างอุณหภูมิ ๓๐๐°-๔๐๐°ซ. ส่วนมวลของลิกนินจะค่อยสูญเสียทีละน้อยอย่างช้า ๆ เมื่อเทียบกับการสูญเสียมวลของคาร์โบไฮเดรตทั้งสองและไม้ ซึ่งการทดลองนี้สรุปได้ดังภาพที่ ๒

๒.๓ การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเบื้องต้น มวลและความร้อนขณะที่ไม้กลายเป็นถ่าน

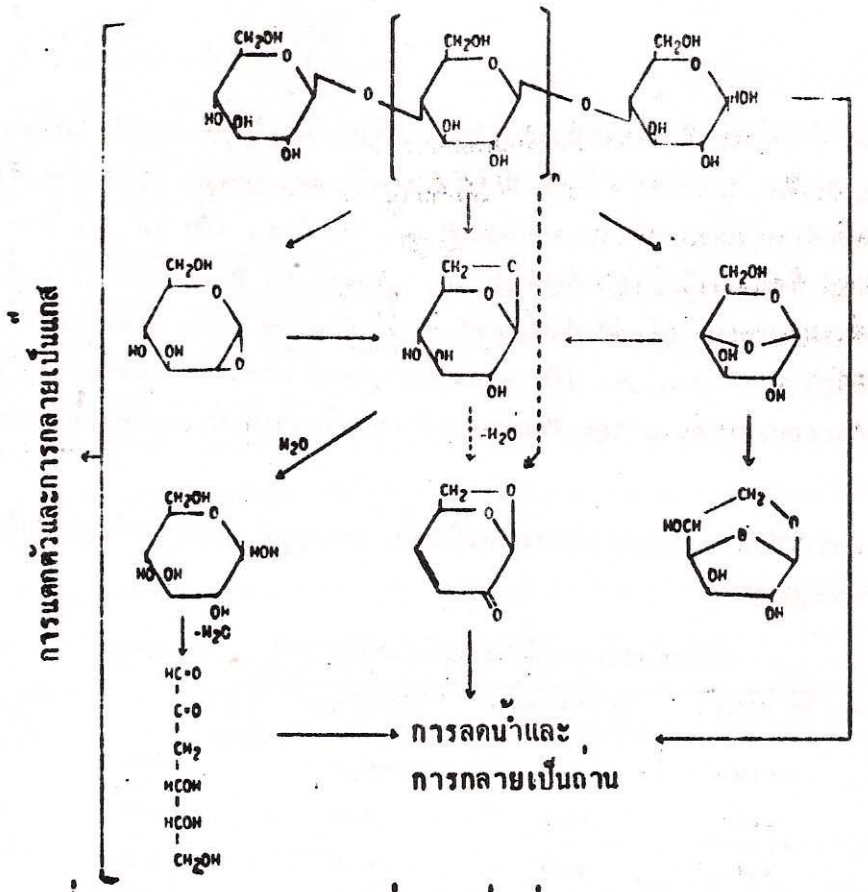
เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีและฟิสิกส์ของไม้ เมื่อแปรสภาพเป็นถ่านที่อุณหภูมิ ๓๐๐°-๘๐๐° ซ. จากข้อมูลที่ได้จากเอกสารต่าง ๆ พบว่าปริมาณคาร์บอนในไม้และถ่านจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิจากอุณหภูมิ ๓๐๐°-๕๐๐° ซ. จะแตกต่างกันอย่างเด่นชัด ที่อุณหภูมิสูงกว่า๕๐๐°ซ. ปริมาณคาร์บอนจะเพิ่มไม่มากนัก ปริมาณไฮโดรเจนจะค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ การสูญเสียมวลและการเพิ่มค่าความร้อนที่ช่วงของอุณหภูมิระหว่าง ๓๐๐°-๕๐๐°ซ. จะมีการสูญเสียมวลและการเพิ่มค่าความร้อนมากกว่าช่วงอุณหภูมิอื่น ๆ อย่างเด่นชัด ดังรายงานในตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเบื้องต้น การสูญเสียมวล[1/] และความร้อน[2/] ในการแปรสภาพไม้เป็นถ่านที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ °ซ.	องค์ประกอบเบื้องต้น (%)			การสูญเสียมวล	ค่าความร้อน แคลอรี/กรัม
	คาร์บอน	ไฮโดรเจน	ออกซิเจน		
๒๐๐	๕๒	๖.๓	๔๒	๐.๙๒	๔๖๕๐
๓๐๐	๗๓	๔.๙	๒๒	๐.๕๑	๕๐๑๐
๔๐๐	๘๓	๓.๘	๑๓	๐.๓๘	๖๕๕๐
๕๐๐	๙๐	๓.๑	๖.๗	๐.๓๓	๗๑๒๐
๖๐๐	๙๓	๒.๖	๕.๒	๐.๓๑	๗๗๘๐
๗๐๐	-	-	-	-	๘๐๗๐
๘๐๐	๙๖	๑.๘	๓.๓	๐.๒๗	-
๑๐๐๐	๙๗	๐.๕	๒.๙	๐.๒๗	-

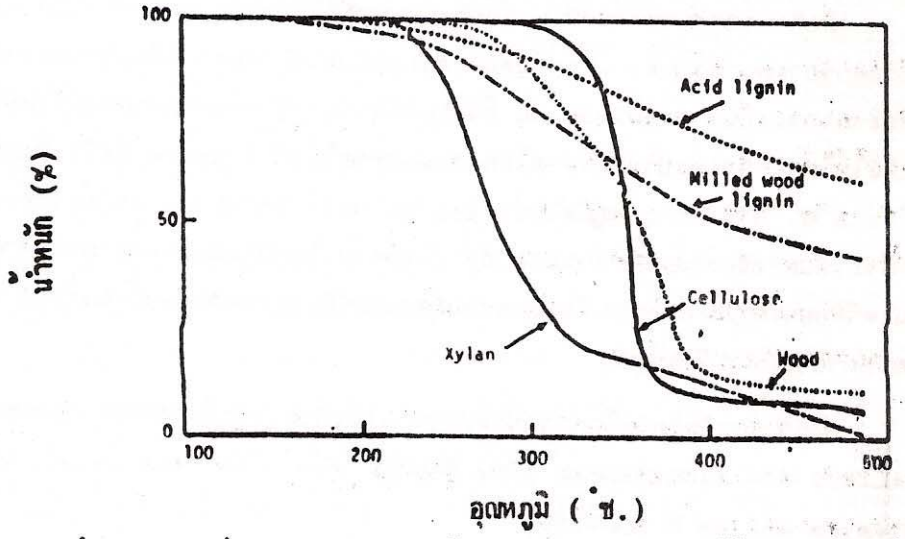
1/ Wenzl 1970

2/ Baileys and Blankenhorn 1982



ภาพที่ 1 ปฏิกริยาของเซลลูโลสที่อุณหภูมิต่ำกว่า 350 ซ.

(Shafizadeh and Chin 1977)



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงมวลของไม้และองค์ประกอบของไม้ที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ

(Shafizadeh and Chin 1977)

จากตารางที่ ๑ ถ้าพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบเบื้องต้นจากปริมาณรวมของถ่านแต่ละอุณหภูมิ การสูญเสียมวล และค่าความร้อนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงของอุณหภูมิ จะเห็นว่าการลดลงของปริมาณคาร์บอนไฮโดรเจน และออกซิเจน จากอุณหภูมิ ๒๐๐°-๔๐๐°ซ. เป็น ๑๗,๔.๘ และ ๓๕.๕% ตามลำดับและธาตุเหล่านี้จะลดลงไม่มากนักที่อุณหภูมิ ๔๐๐°-๑๐๐๐° ซ. คือลดลง ๕.๗, ๑.๓ และ ๔.๒% ตามลำดับ ส่วนมวลลดและความร้อนที่เพิ่มที่อุณหภูมิ ๒๐๐°-๔๐๐° ซ. เป็น ๐.๕๔ และ ๑๘๔๐ แคลอรีต่อกรัม และอุณหภูมิ ๔๐๐°-๗๐๐° ซ. เป็น ๐.๑๑ และ ๑๕๓๐ แคลอรีต่อกรัมตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบเบื้องต้น การสูญเสียมวลและค่าความร้อนที่เพิ่มขึ้นของแต่ละช่วงอุณหภูมิดังสรุปในตารางที่ ๒

ตารางที่ ๒ การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบเบื้องต้น มวลลดลง และความร้อนที่เพิ่มขึ้นของแต่ละช่วงอุณหภูมิ

ช่วงอุณหภูมิ °ซ.	การลดลงขององค์ประกอบเบื้องต้น (%)			มวลลดลง	ความร้อนเพิ่ม,แคลอรี/กรัม
	คาร์บอน	ไฮโดรเจน	ออกซิเจน		
๒๐๐-๓๐๐	๑๐.๗	๓.๗	๒๙.๓	๐.๔๑	๓๖๐
๓๐๐-๔๐๐	๖.๓	๑.๑	๖.๒	๐.๑๓	๑๕๓๐
๔๐๐-๕๐๐	๑.๗	๐.๔	๒.๘	๐.๐๕	๕๘๐
๕๐๐-๖๐๐	๐.๔	๐.๒	๐.๖	๐.๐๒	๖๖๐
๖๐๐-๗๐๐	-	-	-	-	๒๙๐
๗๐๐-๑๐๐๐	๓.๑	๐.๗	๐.๘	๐.๐๔	-

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ ๒ และยึดถือทฤษฎีที่ว่าการลดลงของคาร์บอน และไฮโดรเจนจะเป็นการลดปริมาณความร้อนลง แต่การลดลงของออกซิเจนจะเป็นการเพิ่มปริมาณความร้อน และการลดลงของมวลจะเป็นการลดผลผลิตถ่าน ถ้านำมาพิจารณาเลือกช่วงของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตถ่านเพื่อให้ได้ผลผลิตและประสิทธิภาพในการแปรสภาพไม้เป็นถ่านสูงสุด ก็ควรเลือกช่วงของอุณหภูมิ ๔๐๐°-๖๐๐°ซ. การเลือกอุณหภูมิต่ำกว่า ๔๐๐°ซ. จะได้หัวถ่านมาก และถ้าเลือกอุณหภูมิสูงกว่า ๖๐๐°ซ. ก็จะเป็นผลเสียต่อผลผลิตถ่านมาก อย่างไรก็ตาม ในการผลิตถ่านความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ฐานเตากับบนเตามีมากซึ่งจะเป็นผลกระทบต่อคุณสมบัติและผลผลิตของถ่านเป็นอย่างยิ่ง ถ้าการผลิตถ่านขาดการระมัดระวังอย่างดี

สำหรับประสิทธิภาพในการแปรสภาพจากไม้เป็นถ่านเฉลี่ยจากผลการทดลองไม้ใบกว้างของ Baileys and Blankenhorn 1982 ที่อุณหภูมิ ๓๐๐°,๔๐๐°,๕๐๐°,๖๐๐°, และ ๗๐๐°ซ. เป็น ๘๖,๕๗,๕๒ และ ๕๒ % ตามลำดับ

ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์จากไม้เป็นถ่าน สามารถศึกษาได้จาก บุญนำ เกี่ยวข้อง

และคณะ 2524, Baileys and Blankenhorn 1982, Beall 1972, Beall 1979, Cutter and McGinnes 1981 และ Wenzl 1970.

๓. ผลผลิตของถ่านและประสิทธิภาพในการแปรสภาพไม้เป็นถ่านจากเตาเผาถ่านขนาดเล็กชนิดต่าง ๆ

เป็นการยากที่จะค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับผลผลิตถ่านและประสิทธิภาพในการแปรสภาพไม้เป็นถ่านจากเตาเผาถ่านชนิดต่าง ๆ จากการติดตามผลการวิจัยของโครงการปรับปรุงการผลิตถ่านโดย ปรีชา เกียรติกระจาย และคณะ ๒๕๒๖ และตารางสรุปผลการทดสอบของเตาเผาถ่านชนิดต่างๆ ที่ศูนย์วิจัยถ่านพุแค สระบุรี ที่แสดงไว้เมื่อ ๑๕ กันยายน ๒๕๒๖ สามารถประมวลเป็นตารางแสดงผลผลิตถ่าน และประสิทธิภาพในการแปรสภาพไม้เป็นถ่านจากเตาเผาถ่านขนาดเล็กชนิดต่าง ๆ ดังตารางที่ ๓

จะเห็นว่าขนาดของเตาตามตารางที่ ๓ พอแบ่งออกได้สองขนาดคือ เตาที่มีขนาดประมาณ ๒ ลบ.ม. ได้แก่ เตาอิฐ เตาดินเหนียวก่อ และเตามาร์คไฟว์ และเตาที่มีขนาดเล็กกว่า ๑ ลบ.ม. ได้แก่เตาทองก้า เตาถังเดี่ยว เตาถังคู่ เตาแกลบกลบ เตาขี้เลื่อยกลบ และเตาดินกลบ สำหรับรูปร่างและวิธีการเผาของเตาถาวรและเตาเคลื่อนที่อาจค้นคว้าได้จากเอกสารของ ปรีชา เกียรติกระจาย และคณะ ๒๕๒๖(๑,๒)

ปรีชา เกียรติกระจาย และคณะ ๒๕๒๖(๒) ได้รายงานสรุปถึงเทคนิคการเผาถ่าน และความชื้นในไม้ว่า การใส่ฟืนระยะแรกและการใส่ฟืนตลอดของเตาดินเหนียวก่อ และเตาอิฐไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตและประสิทธิภาพในการแปรสภาพจากไม้เป็นถ่านและความชื้นภายในไม้พอสรุปดังกล่าวนี้แสดงว่า ถ้าความร้อนภายในเตาไม่สูญเสียออกทางผนังเตามากเกินไป ความร้อนจากปฏิกริยาการแปรสภาพไม้เป็นถ่านจะมาช่วยชดเชยความร้อนที่ใช้ในการไล่น้ำออกจากไม้ และทำให้ความร้อนในเตาถ่านเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ การที่ผลผลิตของถ่านและประสิทธิภาพในการแปรสภาพจากไม้เป็นถ่านของเตามาร์คไฟว์ แตกต่างจากเตาอิฐและเตาดินเหนียวก่ออย่างเด่นชัด อาจอนุมานได้ว่าเกิดจากสาเหตุสามประการคือ วิธีการเผา ความสูงและความยาวของปล่อง และการสูญเสียความร้อนทางผนังเตา

วิธีการเผาของเตามาร์คไฟว์แตกต่างจากเตาดินเหนียวก่อและเตาอิฐอย่างเห็นได้ชัด (ปรีชา เกียรติกระจาย และคณะ ๒๕๒๖ (๑,๒) Earl 1974, ILO 1975) กล่าวคือในระยะแรกของการเผาถ่านด้วยเตามาร์คไฟว์จะเป็นการสันดาปไม้ในเตานานประมาณ ๓๐-๖๐ นาที แล้วจึงทำการแผาถ่านต่อด้วยวิธีให้กระแสอากาศวนกลับทาง (Reversed draft) โดยใช้ไม้ฟืนในเตาเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนเช่นเดียวกับการเผาเตาดินเหนียวก่อแบบใส่ฟืนแต่ควันขาวและหนาออกแล้วจึงจำกัดอากาศเข้าที่หน้าเตาซึ่งการสันดาปในระยะเวลาอันสั้นของเตามาร์คไฟว์ไม่น่าจะเป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำให้ผลผลิตถ่านแตกต่างจากเตาดินเหนียวก่อและเตาอิฐ

เนื่องจากผลผลิตถ่านจากเตาอิฐและเตาดินเหนียวก่อไม่แตกต่างกันตามรายงานที่กล่าวมาแล้วข้างต้นน่าจะสรุปได้ว่าจำนวนปล่อง (เตาดินเหนียวก่อมีสองปล่อง และเตาอิฐมีสี่ปล่อง) ไม่น่า

ตารางที่ 3 สรุปผลการทดสอบเฉลี่ยของผลผลิตถ่าน และประสิทธิภาพในการแปรสภาพไม้เป็นถ่านด้วยเตาถ่านขนาดเล็กชนิดต่าง ๆ*

ชนิดเตา	ปริมาตร ลบ.ม.	จำนวนครั้งที่ทดสอบ	เวลาเผา ชม.	ผลผลิตถ่าน (%)	ประสิทธิภาพในการแปรสภาพไม้เป็นถ่าน %
1. เตาถาวร					
เตาอิฐ	2.0	35	49	38	63
เตาดินเหนียวก่อ	2.2	27	55	37	59
2. เตาเคลื่อนที่					
เตามาร์คไฟว์	2.6	7	23	31	43
เตาหองก้า	0.2	6	4	23	36
เตาถังเดี่ยว	0.2	7	3	24	38
เตาถังคู่	0.4	3	4	24	39
3. เตาไม่ถาวร					
เตาแกลบกลบ	0.7	7	10	32	49
เตาขี้เลื่อยกลบ	0.7	5	22	33	46
เตาดินกลบ	0.7	5	11	31	49

* ศูนย์วิจัยการผลิตถ่าน พุแค จังหวัดสระบุรี 15 กันยายน 2526

จะเป็นผลกระทบต่อผลผลิตถ่าน อย่างไรก็ตามสัดส่วนความยาวของปล่องทั้งหมดต่อความสูงของเตาจากดินเหนียวก่อและเตาอิฐไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดคือมีค่าประมาณ ๑.๕ เมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนนี้ของเตามาร์คไฟว์ซึ่งมีค่าประมาณ ๒.๐-๒.๕ สัดส่วนของปล่องนี้จึงน่าจะเป็นผลกระทบต่อผลผลิตถ่านและประสิทธิภาพการแปรสภาพไม้เป็นถ่านปัจจัยหนึ่ง เพราะความยาวของปล่องจะเป็นผลกระทบต่อการระแสอากาศของเตาถ่าน ซึ่งหมายถึงอุณหภูมิภายในเตาถ่านโดยตรง (บุญนำ เกี่ยวข้องและคณะ ๒๕๒๖) ซึ่งถ้าอุณหภูมิการกลายเป็นถ่านสูงย่อมทำให้ผลผลิตและประสิทธิภาพในการเป็นถ่านลดลงดังที่ได้วิจารณ์แล้วข้างต้น

สาเหตุประการหนึ่งที่ผลผลิตถ่านจากเตามาร์คไฟว์ต่ำกว่าเตาดินเหนียวก่อและเตาอิฐน่าจะมาจากการสูญเสียความร้อนทางผนังเตา ผนังเตามาร์คไฟว์ ซึ่งทำด้วยเหล็กหนาเพียง ๓ มม. แต่ผนังเตาดินเหนียวก่อและผนังเตาอิฐ ซึ่งทำด้วยดินและอิฐ ซึ่งมีผนังเตาหนาประมาณ ๑๐-๑๕ ซม. ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนของเหล็กและอิฐที่อุณหภูมิปรกติ เหล็กจะมีค่าการนำความร้อนได้สูงกว่าอิฐถึง ๗๐ เท่าที่ความหนาเท่ากัน ดังนั้นปริมาณความร้อนที่สูญเสียจากเตามาร์คไฟว์ ซึ่งใช้เวลาเผาถึง ๒๐ ชั่วโมงจึงมากกว่าความร้อนที่สูญเสียจากเตาอิฐ ซึ่งให้เวลาเผา ๖๐ ชั่วโมง ถึง ๗๐๐ เท่า เป็นอย่างต่ำ ซึ่งน่าจะเป็นความร้อนที่สูญเสียไปในปริมาณมากพอที่จะทำให้ผลผลิตถ่านและประสิทธิภาพในการแปรสภาพไม้เป็นถ่านของเตามาร์คไฟว์ต่ำกว่า เตาอิฐ และเตาดินเหนียวก่อได้ ผลกระทบของผลผลิตถ่านที่ต่ำเนื่องจากการสูญเสียความร้อนทางผนังเตานี้ยังได้รับการยืนยันจากการเปรียบเทียบผลผลิตของเตาทองก้า เตาถังเดี่ยวและเตาถังคู่ ซึ่งผนังทำด้วยแผ่นเหล็กบางกับผลผลิตของเตาดินกลบเตาแกลบกลบ และเตาขี้เลื่อยกลบแล้วปรากฏว่าเตาที่มีผนังทำด้วยแผ่นเหล็กบาง ล้วนให้ผลผลิตต่ำกว่าเตาสามชนิดหลัง ซึ่งมีผนังทำด้วยดินแกลบและขี้เลื่อยที่หนาทั้งสิ้น

สรุป

ในการแปรสภาพไม้เป็นถ่าน ปัจจัยสำคัญที่ควบคุมการสูญเสียมวล ค่าความร้อนของถ่านและประสิทธิภาพในการแปรสภาพไม้เป็นถ่านคือ อุณหภูมิที่ระดับอุณหภูมิ ๒๐๐°-๓๐๐° ซ. ปริมาณคาร์บอนและออกซิเจนและมวลทั้งหมดจะลดลงมากที่สุด ที่ระดับอุณหภูมิ ๓๐๐°-๔๐๐° ซ. ปริมาณธาตุทั้งสองลดลงไม่มากนัก แต่ค่าความร้อนของถ่านจะเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด ที่ช่วงอุณหภูมินี้ไม้เริ่มเปลี่ยนเป็นสีดำของถ่าน เมื่อพิจารณาค่าของมวลที่ลดลงจากการทดลองในห้องปฏิบัติการแล้ว การผลิตถ่านที่ต้องการผลผลิตสูงสุดควรจะใช้อุณหภูมิในช่วงนี้

จากรายงานและการเผยแพร่การผลิตถ่านด้วยเตาเผาถ่านขนาดเล็ก (๒ ลบ.ม.) พบว่าเตาถาวรเช่นเตาอิฐและเตาดินเหนียวก่อให้ผลผลิตถ่านและประสิทธิภาพในการแปรสภาพไม้เป็นถ่านสูงกว่าเตามาร์คไฟว์ ส่วนเตาเผาถ่านขนาดเล็กกว่า ๑ ลบ.ม. พบว่า เตาแกลบกลบ เตาขี้เลื่อยกลบและเตาดินกลบให้ผลผลิตถ่านและประสิทธิภาพในการแปรสภาพไม้เป็นถ่านสูงกว่าเตาถังน้ำมันเช่น เตาทองก้า เตาถังเดี่ยว และเตาถังคู่ สาเหตุที่เตาถังเหล็กให้ผลผลิตถ่านและประสิทธิภาพในการแปร

สภาพเป็นถ่านต่ำมาจากการสูญเสียความร้อนทางผนังเตา ปล่องสูงเกินไป และกรรมวิธีการเผา

คำนิยม

ขอขอบคุณ รศ.บุญสิน เทพหัสดิน ณ อยุธยา และอาจารย์วิจิตร กฤษณบำรุง ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ และ ดร.สมรัตน์ ยินดีพิธ ภาควิชาเคมี ที่กรุณาตรวจเสนอแนะข้อคิดเห็นและวิจารณ์เอกสารฉบับนี้.

บรรณานุกรม

บุญนำ เกี่ยวข้อง และคณะ ๒๕๒๔ พลังงานจากไม้ (๓): ทฤษฎีการทำถ่าน ลักษณะและคุณสมบัติของถ่าน การประชุมการป่าไม้ ๒๕๒๔ สาขาวนผลิตภัณฑ์ กรมป่าไม้ ๑๘๖-๒๑๒

ปรีชา เกียรติกระจาย และคณะ ๒๕๒๖(๑) เตาเผาถ่านสำหรับชนบทไทย รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๔ เรื่องพลังงานนอกแบบ และการประยุกต์ คณะพลังงาน และวัสดุสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี และสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น) ๑๖-๑๘ มีนาคม ๒๕๒๖ (กำลังจัดพิมพ์)

_____ (๒) การปรับปรุงเทคโนโลยีในการเผาถ่านโดยใช้เตาดินเหนียวก่อ และเตาอิฐสำหรับชนบท รายงานการประชุมสัมนาเรื่องพืชพลังงานและวัสดุเหลือใช้การเกษตร กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร ๒๒-๒๓ สิงหาคม ๒๕๒๖ (กำลังจัดพิมพ์)

สมพงษ์ ฉันทวรภาพ ๒๕๒๖ การใช้พลังงานไม้ สัมนาวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ ๓ ป่าเพื่อชุมชนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ๒๔-๒๕ กุมภาพันธ์ ๒๕๒๖ ๓๑-๑ ถึง ๓๑-๑๘

Raileys, Randall T. and Paul R. Blankenhorn. 1982. Calorific and porosity devlopment in carbonized wood. Wood Science 15(1):19-28.

Beall, F.C. 1972. Introduction to thermal analysis in the combustion of wood. Wood Science 5(2):102-108

_____. 1977. Properties of wood during carbonization under fire conditions. In:Goldsteins, I.S. Ed. Wood Technology: Chemical Aspects. ACS Symposium Series 43, Washington, D.C. pp. 39-44.

Cutter, B.E. and E.A. McGinnes, Jr. 1981. A note on density change patterns in charred wood. Wood and Fiber 13(1):39-44.

Earl, D.E. 1974. Charcoal-An Andre' Mayer Fellowship Report. FAO. Rome 97 pages.

Hodgman, C.D. et al. 1959. Handbook of Chemistry and Physics. 4th Ed. Chemical Rubber Publishing. C., Chio. pp. 2431-2440.

ILO. 1975. Charcoal making for small scale enterprises. International Labour Office. 26 pages.

Ince, Peter J. 1979. How to estimate recoverable heat energy in wood or bark fuels. General Technical Report FPL 29. USDA Forest Service. 7 pages.

Karchesy, Joseph and Peter Koch. 1979. Energy production from hardwoods growing on southern pine sites. General Technical Report SO-24. USDA Forest Service. 59 pages.

Shafizadeh, F. and P.S. Chin. 1977. Thermal deterioration of wood. In: Goldsteins, I.S. Ed. Wood Technology: Chemical Aspects. ACS Symposium Series 43,Washington, D.C. pp. 57-81.

Wenzl, Hermann F.J. 1970. The Chemical Technology of wood. Academic Press, New York, pp. 253-300.