

Short communications

อิทธิพลของอุณหภูมิในการเผาถ่านต่อค่าความถ่วงจำเพาะในไม้ใบกว้าง 10 ชนิด

Effects of Charring Temperature on Specific Gravity in 10 Species of Hardwood

ศิริลักษณ์ สุขเจริญ^{1*}Siriluk Sukjaroen^{1*}ธีระ เวณิน¹Teera Veenin¹สมคิด สิริพัฒนาดิลก²Somkid Siripatanadilok²¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

²ถนนรามอินทรา อนุสาวรีย์ บางเขน กรุงเทพฯ 10220

Ramintra Road, Anusawaree, Bangkok, Bangkok 10220, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: nana_paro_aroca@hotmail.com

รับต้นฉบับ 4 กรกฎาคม 2557

รับลงพิมพ์ 28 กรกฎาคม 2557

ABSTRACT

The effects of charring temperature on specific gravity in wood from 10 species of *Mangifera indica*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Hevea brasiliensis*, *Leucaena leucocephala*, *Acacia auriculiformis*, *Tamarindus indica*, *Shorea siamensis*, *Shorea obtusa*, *Irvingia malayana* and *Rhizophora apiculata* were studied. The charring temperature were 250, 300, 400, 500 and 600 degree Celsius in electric furnace. Woods specimens were cut from 3 regions along radial position (near bark, between bark and pith, near pith).

The results found that *R. apiculata* had the highest specific gravity at 0.840 followed by *I. malayana*, *S. obtusa*, *S. siamensis*, *T. indica*, *A. auriculiformis*, *L. leucocephala*, *H. brasiliensis*, *E. camaldulensis* and *M. indica* with values of 0.839, 0.759, 0.736, 0.703, 0.690, 0.657, 0.636, 0.595 and 0.488, respectively. The effects of charring temperature at 250, 300, 400, 500 and 600 degree Celsius on specific gravity in charcoal were significantly different ($P \leq 0.01$) and decreased according to the increasing of charring temperature. The effects of position near bark, between bark and pith, near pith were significantly different ($P \leq 0.01$) and decreased from the bark to pith except *T. indica* increased from the bark to pith. The coefficient of determination of wood with charcoal under different temperature at 250, 300, 400, 500 and 600 degree Celsius were about 0.97, 0.77, 0.80, 0.81 and 0.80, respectively. This result indicated that the influence of the charring temperature to highly average specific gravity when the charring temperature raised to a contain level was constant. The result showed that the complete charring temperature should be above 400 degree Celsius. Therefore, it could be concluded that the requirement of good charcoal yield with high specific gravity should be conducted at charring temperature in

the range of 400 to 500 degree Celsius. It was realized that the higher charring temperature be used, the less specific gravity of wood achieved. However, high specific gravity wood could be created high specific gravity charcoal.

Keywords: Charring Temperature, Specific Gravity, Hardwood

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาต่อค่าความถ่วงจำเพาะของไม้มะม่วง ยูคาลิปตัส ขางพารา กระดิน กระดินณรงค์ มะขาม รัง เต็ง กระบก และโกกงางใบเล็ก รวม 10 ชนิด เมื่อใช้อุณหภูมิในเตาเผา 250, 300, 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส และใช้ตัวอย่างในตำแหน่งตามแนวรัศมีจากเปลือกถึงใจไม้ที่ตำแหน่งใกล้เคียงเปลือกไม้ ระหว่างเปลือกกับใจไม้ และใกล้ใจไม้

ผลการทดลอง ไม้ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยสูงที่สุดคือ โกกงางใบเล็กมีค่า 0.840 รองลงมาได้แก่ กระบก เต็ง รัง มะขาม กระดินณรงค์ กระดิน ขางพารา ยูคาลิปตัส และมะม่วง ซึ่งมีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย 0.839, 0.759, 0.736, 0.703, 0.690, 0.657, 0.636, 0.595 และ 0.488 ตามลำดับ พบว่า ปัจจัยอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา 250, 300, 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส มีอิทธิพลต่อค่าความถ่วงจำเพาะของถ่านไม้ซึ่งค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) และมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้อุณหภูมิในการเผาสูงขึ้น สำหรับปัจจัยตำแหน่งที่ใกล้เคียงเปลือกไม้ ระหว่างเปลือกกับใจไม้ และใกล้ใจไม้ มีผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะของไม้และถ่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) มีแนวโน้มของค่าความถ่วงจำเพาะลดลงจากเปลือกถึงใจไม้ ยกเว้น ไม้มะขามมีแนวโน้มของค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้นจากเปลือกถึงใจไม้ ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดระหว่างเนื้อไม้กับถ่านที่ระดับอุณหภูมิการเผา 250, 300, 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส เท่ากับ 0.97, 0.77, 0.80, 0.81 และ 0.80 ตามลำดับ ได้แสดงอิทธิพลการเผา มีผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะของไม้มาก เมื่ออุณหภูมิที่ใช้เผาไม้สูงขึ้นถึงระดับหนึ่งจะคงที่ โดยอุณหภูมิที่ใช้เผาไม้ให้กลายเป็นถ่านอย่างสมบูรณ์นั้นต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่า 400 องศาเซลเซียส ดังนั้นหากต้องการผลผลิตของถ่านที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูง ควรเผาถ่านที่อุณหภูมิ 400 ถึง 500 องศาเซลเซียส เพราะหากใช้อุณหภูมิในการเผาสูง จะทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของถ่านไม้ลดลงมาก อย่างไรก็ตามไม้ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูงจะทำให้ได้ถ่านที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูงเช่นเดียวกัน

คำสำคัญ: อุณหภูมิในการเผาถ่าน ค่าความถ่วงจำเพาะ ไม้ใบกว้าง

คำนำ

ประเทศไทยมีการใช้ถ่านมาหลายร้อยปีแล้ว โดยชาวจีนเป็นผู้ริเริ่มและเป็นผู้นำเข้ามาใช้ สาเหตุจากการใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงต้องใช้ครั้งละปริมาณมากๆ มีน้ำหนักมากไม่สะดวกต่อการเก็บรักษา ทำให้เกิดควันและเขม่ามาก ส่วนถ่านมีน้ำหนักเบา ไม่มีควัน ให้ค่าความร้อนสูงกว่า เก็บรักษาง่าย แต่มีข้อเสียคือ ต้องใช้เวลานานในการแปรสภาพฟืนให้กลายเป็นถ่าน (Pontus, 1991) ถ่านนำมาใช้ประโยชน์ได้มากมาย เช่น หุงต้ม

อาหาร ถลุงโลหะ หลอมโลหะ ฟอกสี คุกกี้ คุกกี้ ถูกลื่น แทนน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อเดินเครื่องจักร ให้ความอบอุ่น ทำดินปั้น ทำพลูดอกไม้ไฟกรองน้ำให้ใสสะอาดผสมในดินปลูกพืชและผสมในอาหารสัตว์กรรมวิธีการผลิตถ่านในอดีตและปัจจุบันไม่แตกต่างกันมาก ยกเว้นการลดเวลาเผาให้สั้นลง เพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น เพื่อที่จะทำให้อุตสาหกรรมการผลิตถ่านคงอยู่และสามารถแข่งขันกับเชื้อเพลิงอย่างอื่นในตลาดได้ การเผาในเตาเผา (furnace) จะใช้เวลาน้อยกว่าเตาพื้นบ้านและสามารถ

ควบคุมอุณหภูมิภายในได้ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงกว่า สมบัติของถ่านดีที่ได้ต้องมีความหนาแน่นสูง ให้ค่าความร้อนสูง มีควันท่อระหว่างการใช้งาน มีการระเหิดน้อยขณะติดไฟและมีจีเถ้าต่ำ (Panyatunya, 1998)

กรมป่าไม้มีการสำรวจและเก็บข้อมูลผลิตภัณฑ์สำคัญที่ได้จากป่าไม้ เช่น ฟืน ถ่าน น้ำมันยาง เปลือกไม้ หวาย ใบลาน เป็นต้น ซึ่งจากการสำรวจในปี พ.ศ. 2533 พบว่า มีปริมาณถ่านไม้ที่ได้จากป่าไม้ประมาณ 274,500 ลูกบาศก์เมตร และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งมีการสำรวจการนำเข้าและส่งออกถ่านไม้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2555 ซึ่งในปี พ.ศ. 2555 มีการนำเข้าถ่านไม้ประมาณ 137,252,914 กิโลกรัม และการส่งออกประมาณ 26,282,864 กิโลกรัม ซึ่งการนำเข้าและส่งออกมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2554 (Royal Forest Department, 2012) ปัจจุบันวัตถุดิบที่ใช้ในการเผาถ่านได้มาจากป่าชุมชน ป่าชายเลน เศษเหลือของอุตสาหกรรมไม้ ไม้จากการตัดสางขยายระยะ ทั้งในสวนป่าภาครัฐและสวนป่าภาคเอกชน รวมทั้งถ่านที่ได้จากการลักลอบตัดไม้ในป่าธรรมชาติ

ถ่านเกิดจากเนื้อไม้ถูกย่อยสลายโดยปฏิกิริยาทางเคมีและความร้อนปราศจากออกซิเจน (pyrolysis) ทำให้เฮมิเซลลูโลสเกิดการสลายตัวที่อุณหภูมิ 200 - 260 องศาเซลเซียส เซลลูโลสเกิดการสลายตัวที่อุณหภูมิ 240 - 350 องศาเซลเซียส และลิกนินเกิดการสลายตัวที่อุณหภูมิ 280 - 500 องศาเซลเซียส (Sjöström, 1993) มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับถ่าน คือ ลักษณะทางกายวิภาค ปริมาณความชื้น อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้เผา (Leme *et al.*, 2010) Cutter and McGinnes (1980) ได้มีการศึกษาค่าความหนาแน่น (density) ของถ่านไม้ 7 ชนิด โดยใช้อุณหภูมิในการเผา 250 - 600 องศาเซลเซียส Fuwape (1996) ได้มีการศึกษาผลผลิตของถ่าน (charcoal yield) ความหนาแน่น สารระเหย (volatile matter) จีเถ้า (ash content) คาร์บอนเสถียร (fixed carbon) และค่าความร้อน (heating value) ของไม้ 3 ชนิด ที่ใช้อุณหภูมิในการเผา 250 - 600 องศาเซลเซียส Kim and Hana (2006) ได้มีการศึกษาค่าความหนาแน่น การสูญเสียมวล

(weight loss) การหดตัว (shrinkage) และลักษณะทางกายวิภาคของไม้ *Quercus variabilis* โดยใช้อุณหภูมิในการเผา 400 - 1,000 องศาเซลเซียส Villegas *et al.* (2007) ได้มีการศึกษาผลผลิตของถ่าน สมบัติของถ่าน และการวิเคราะห์ทางเคมี (chemical analysis) ของไม้ Holm-oak และยูคาลิปตัส โดยใช้อุณหภูมิในการเผา 250 - 1,000 องศาเซลเซียส Chotikhun and Laemsak (2009) ได้มีการศึกษาสมบัติของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลคูเลนซิส โดยใช้อุณหภูมิในการเผา 400, 600 และ 700 องศาเซลเซียส

วัตถุประสงค์ของการศึกษาไม้ที่นิยมนำมาเผาถ่าน ได้แก่ กระถิน กระถินณรงค์ กระบก โก้งกาง ใบเล็ก เต็ง มะขาม มะม่วง ยางพารา ยูคาลิปตัส และรัง เพื่อให้ทราบปัจจัยอุณหภูมิในการเผามีต่อค่าความถ่วงจำเพาะของถ่านไม่ว่า แนวโน้มของค่าความถ่วงจำเพาะจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรเมื่อใช้อุณหภูมิในการเผาสูงขึ้นและในตำแหน่งตามแนวรัศมีไม้ รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะของไม้กับถ่านเป็นประการใด

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง

ชนิดไม้ที่นำมาศึกษามี 10 ชนิด ได้แก่ กระถิน กระถินณรงค์ กระบก โก้งกาง ใบเล็ก เต็ง มะขาม มะม่วง ยางพารา ยูคาลิปตัส และรัง ตัดต้นไม้ที่ระดับชิดดิน แล้ววัดความยาวจากรอยตัดขึ้นมา 1.3 เมตร และตัด หลังจากนั้นวัดจากด้านบนปลายท่อนของท่อนที่ตัดขนาด 1.3 เมตร ลงมา 60 เซนติเมตร และตัด นำท่อนไม้ยาว 60 เซนติเมตร ที่ได้จากการตัดไปตัดแบ่งออกเป็น 3 ชิ้น ขนาดเท่าๆ กัน ยาวชิ้นละ 20 เซนติเมตร แล้วนำชิ้นไม้ขนาด 20 เซนติเมตร ไปตัดแบ่งออกเป็น 3 ตำแหน่งตามแนวรัศมีจากเปลือกถึงใจไม้ คือ ตำแหน่งใกล้เปลือกไม้ ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างเปลือกกับใจไม้ และตำแหน่งใกล้ใจไม้ จะได้ชิ้นไม้เล็กๆ เป็นลูกบาศก์ขนาด $2.5 \times 2.5 \times 2.5$ เซนติเมตร ชิ้นไม้ที่ได้นำมาวิเคราะห์

ค่าความถ่วงจำเพาะของไม้และนำไปเผาถ่าน โดยการเตรียมตัวอย่างถ่าน เริ่มจากนำชิ้นไม้ไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง นำชิ้นไม้ที่อบแล้วไปเผาในเตาเฟอร์เนสด้วยอุณหภูมิ 250, 300, 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส ซึ่งเมื่ออุณหภูมิภายในเตาถึงอุณหภูมิที่ต้องการแล้วปิดสวิทช์เตาและทำให้เย็น นำตัวอย่างถ่านออกมาทิ้งไว้ให้ปรับสภาพที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะ

การศึกษา

การหาความถ่วงจำเพาะของไม้และถ่าน โดยวิธีการเอาตัวอย่างไปอบในเตาอบด้วยอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นเอาออกจากเตาอบมาใส่ใน desiccator นาน 1 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ และหาปริมาตรโดยการแทนที่น้ำ โดยใช้สูตร (1) ในการหาค่าความจำเพาะ (Chunwarin, 1990) ดังนี้

$$S = \frac{W_o}{V} \quad (1)$$

เมื่อ S คือ ความถ่วงจำเพาะของไม้หรือถ่าน
 W_o คือ น้ำหนักอบแห้งของไม้หรือถ่าน (กรัม)
 V คือ น้ำหนักของน้ำที่ปริมาตรเท่าไม้หรือถ่าน (กรัม)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ความถ่วงจำเพาะของเนื้อไม้ เมื่อใช้อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งในการเผาที่อุณหภูมิ 250, 300, 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส และตำแหน่งตามแนวรัศมีจากเปลือกถึงใจไม้เป็นอีกปัจจัยหนึ่ง แบ่งออกเป็น 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งใกล้เปลือกไม้ ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างเปลือกกับใจไม้ และตำแหน่งใกล้ใจไม้ จึงมี 18 สิ่งทดลอง (treatment) ต้องใช้ตัวอย่างไม้ 18 ชุด แบ่งออกเป็นชุดละ 3 ซ้ำ ได้จำนวนทั้งหมด 54 ตัวอย่าง ต่อชนิดไม้ ไม้ที่นำมาศึกษามีทั้งหมด 10 ชนิด จึงใช้จำนวนตัวอย่างทั้งหมด 540 ตัวอย่าง ทำการทดลองตามแผนการทดลองแบบ 3×6 แฟคตอเรียล ที่ใช้แผนการ

ทดลองแบบสุ่มตลอด (3×6 factorial experiment in completely randomized design) หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีการ Duncan's new multiple range test เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Khuantham, 2006) นอกจากนั้นแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงของความถ่วงจำเพาะของถ่านเมื่อเทียบกับเนื้อไม้ และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถ่วงจำเพาะของเนื้อไม้กับถ่านที่ระดับอุณหภูมิการเผาต่างกัน

ผลและวิจารณ์

1. ค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยของเนื้อไม้ 10 ชนิด เมื่อพิจารณาปัจจัยอุณหภูมิในการเผา 250, 300, 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส ดังแสดงใน Table 1 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.1$) โดยค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยของเนื้อไม้โก่งกางใบเล็ก กระบก เต็ง รัง มะขาม กระถินณรงค์ กระถิน ยางพารา ยูคาลิปตัส และมะม่วง สูงที่สุดเท่ากับ 0.840, 0.839, 0.759, 0.736, 0.703, 0.690, 0.657, 0.636, 0.595 และ 0.488 ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 0.466, 0.484, 0.392, 0.389, 0.378, 0.317, 0.298, 0.373, 0.310 และ 0.279 ตามลำดับ ซึ่งทุกชนิดไม่มีแนวโน้มของค่าความถ่วงจำเพาะเนื้อไม้ลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างกันในค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย พบว่า

1.1 ในไม้มะม่วง ยูคาลิปตัส ยางพารา กระถิน และกระถินณรงค์ เนื้อไม้มีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติกับค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยของถ่าน การเผาถ่าน 250 องศาเซลเซียส จะมีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติกับการเผาถ่าน 300, 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส แต่การเผาถ่าน 300, 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส จะมีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงใน Table 1

1.2 ในไม้มะขาม เนื้อไม้มีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติกับถ่านที่เผา 250

องศาเซลเซียส ซึ่งถ่านที่เผา 250 องศาเซลเซียส มีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติกับถ่านที่เผา 300, 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส แต่การเผาถ่าน 300, 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส จะมีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงใน Table 1

1.3 ในไม้รัง เนื้อไม้มีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติกับค่าความถ่วงจำเพาะของการเผาถ่าน 250 องศาเซลเซียส มีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติกับการเผาถ่าน 300, 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส ส่วนการเผาถ่าน 300 องศาเซลเซียส มีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติกับการเผาถ่าน 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส แต่การเผาถ่าน 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส มีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงใน Table 1

1.4 ในไม้เต็ง กระทบ และ โกงกางใบเล็ก เนื้อไม้มีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติกับถ่านที่เผา 250 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่านที่เผา 250 องศาเซลเซียส มีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติกับถ่านที่เผา 300, 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส ส่วนการเผาถ่าน 300 องศาเซลเซียส มีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติกับการเผาถ่าน 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส แต่การเผาถ่าน 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส มีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงใน Table 1

2. ค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยของเนื้อไม้และถ่าน 10 ชนิด เมื่อพิจารณาปัจจัยตำแหน่งตามแนวรัศมีจากเปลือกถึงใจไม้ 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งใกล้เปลือกไม้ ตำแหน่งระหว่างเปลือกกับใจไม้ และตำแหน่งใกล้ใจไม้ ดังแสดงใน Table 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.1$) โดยตำแหน่งใกล้เปลือกไม้ ค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยของโกงกางใบเล็ก เติ่ง กระถินณรงค์ และยูคาลิปตัส สูงที่สุดเท่ากับ 0.635, 0.578, 0.477 และ 0.481 ตามลำดับ ตำแหน่งระหว่างเปลือกและใจไม้ ค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยของกระทบ

รัง กระถิน ขางพาราและมะม่วง สูงที่สุดเท่ากับ 0.640, 0.538, 0.428, 0.469 และ 0.358 ตามลำดับ และตำแหน่งใกล้ใจไม้ ค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยของโกงกางใบเล็ก กระบก เติ่ง รัง กระถินณรงค์ กระถิน ขางพารา ยูคาลิปตัส และมะม่วง ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.611, 0.611, 0.494, 0.485, 0.378, 0.381, 0.442, 0.340 และ 0.332 ตามลำดับ แต่ไม้มะขาม ค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยของตำแหน่งใกล้ใจไม้ สูงที่สุดเท่ากับ 0.533 และตำแหน่งใกล้เปลือกไม้ต่ำสุดเท่ากับ 0.470 ซึ่งในไม้ 9 ชนิด มีแนวโน้มของค่าความถ่วงจำเพาะลดลงจากเปลือกถึงใจไม้ ยกเว้น ไม้มะขาม มีแนวโน้มของค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้นจากเปลือกถึงใจไม้

3. การลดลงของค่าความถ่วงจำเพาะคิดเป็นร้อยละตามระดับอุณหภูมิในการเผา มะม่วง ยูคาลิปตัส ขางพารา กระถิน กระถินณรงค์ มะขาม รัง เติ่ง กระบก และ โกงกางใบเล็ก ซึ่งการเผาเริ่มจาก 250, 300, 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส มีการลดลงของค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 1.00 - 13.33, 18.92 - 50.68, 39.31 - 51.90, 41.39 - 52.97 และ 41.35 - 54.64 ตามลำดับ ซึ่งการลดลงของค่าความถ่วงจำเพาะคิดเป็นร้อยละจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิในการเผาสูงขึ้น และการเผา ระหว่างช่วงอุณหภูมิ 200 - 300, 300 - 400, 400 - 500 และ 500 - 600 องศาเซลเซียส มีการลดลงของค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 13.14 - 44.33, 1.17 - 34.96, 0.50 - 3.69 และ 1.01 - 3.57 ตามลำดับ การลดลงของค่าความถ่วงจำเพาะคิดเป็นร้อยละจะลดลงในแต่ละช่วงการเผาที่สูงขึ้น ดังแสดงใน Table 3

4. ความสัมพันธ์ของค่าความถ่วงจำเพาะของเนื้อไม้มะม่วง ยูคาลิปตัส ขางพารา กระถิน กระถินณรงค์ มะขาม รัง เติ่ง กระบก และ โกงกางใบเล็ก กับถ่านที่ได้รับการเผาอุณหภูมิ 250, 300, 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (the coefficient of determination = R^2) เท่ากับ 0.97, 0.77, 0.80, 0.81 และ 0.80 ตามลำดับ ซึ่งมีความสัมพันธ์ในลักษณะทางเดียวกัน แสดงถึงอิทธิพลของการเผามีผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะของไม้มาก เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึงระดับหนึ่งจะคงที่ ดังแสดงใน Figure 1

Table 1 Average specific gravity of wood and charcoal in 10-species-hardwood. The charring temperature were 250°, 300°, 400°, 500° and 600° C.

Temperature (°C)	Average specific gravity									
	<i>Mangifera indica</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<i>Hevea brasiliensis</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Tamarindus indica</i>	<i>Shorea siamensis</i>	<i>Shorea obtusa</i>	<i>Irvingia malayana</i>	<i>Rhizophora apiculata</i>
normal wood	0.488 a	0.595 a	0.636 a	0.657 a	0.690 a	0.703 a	0.736 a	0.759 a	0.839 a	0.840 a
250	0.427 b	0.523 b	0.575 b	0.582 b	0.598 b	0.696 a	0.676 b	0.708 a	0.797 a	0.813 a
300	0.299 c	0.354 c	0.397 c	0.324 c	0.342 c	0.424 b	0.467 c	0.615 b	0.617 b	0.652 b
400	0.295 c	0.326 c	0.386 c	0.316 c	0.338 c	0.407 b	0.402 d	0.400 c	0.504 c	0.478 c
500	0.286 c	0.318 c	0.378 c	0.309 c	0.327 c	0.392 b	0.395 d	0.398 c	0.489 c	0.473 c
600	0.279 c	0.310 c	0.373 c	0.298 c	0.317 c	0.378 b	0.389 d	0.392 c	0.484 c	0.466 c

Notes: The same alphabets (a, b, c, d) = The multiple comparisons of average of specific gravity were non-significant.

Table 2 Average specific gravity of wood and charcoal in 10-species-hardwood at 3 position (near bark, between bark and pith, near pith) along wood radial

Position along wood radial	Average specific gravity									
	<i>Mangifera indica</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<i>Hevea brasiliensis</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Tamarindus indica</i>	<i>Shorea siamensis</i>	<i>Shorea obtusa</i>	<i>Irvingia malayana</i>	<i>Rhizophora apiculata</i>
near bark	0.347 a b	0.481 a	0.461 a	0.423 a	0.477 a	0.470 c	0.510 b	0.578 a	0.615 a b	0.635 a
between bark and pith	0.358 a	0.391 b	0.469 a	0.428 a	0.451 a	0.498 b	0.538 a	0.564 a	0.640 a	0.614 b
near pith	0.332 b	0.340 c	0.442 b	0.381 b	0.378 b	0.533 a	0.485 c	0.494 b	0.611 b	0.611 b

Notes: The same alphabets (a, b, c) = The multiple comparisons of average of specific gravity were non-significant

Table 3 Percentage decreasing change in specific gravity from wood to charcoal. The charring temperature were 250°, 300°, 400°, 500° and 600 ° C.

Temperature (°C)	Percent change in specific gravity of wood and charcoal (%)									
	<i>Mangifera indica</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<i>Hevea brasiliensis</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Tamarindus indica</i>	<i>Shorea siamensis</i>	<i>Shorea obtusa</i>	<i>Irvingia malayana</i>	<i>Rhizophora apiculata</i>
normal wood → 250	12.50	12.10	9.59	11.42	13.33	1.00	8.15	6.72	5.01	3.21
normal wood → 300	38.73	40.50	37.58	50.68	50.43	39.69	36.55	18.92	26.46	22.38
normal wood → 400	39.55	45.21	39.31	51.90	51.01	42.11	45.38	47.30	39.93	43.10
normal wood → 500	41.39	46.55	40.57	52.97	52.61	44.24	46.33	47.56	41.72	43.69
normal wood → 600	42.83	47.90	41.35	54.64	54.06	46.23	47.15	48.35	42.31	44.52
250 → 300	29.98	32.31	30.96	44.33	42.81	39.08	30.92	13.14	22.58	19.80
300 → 400	1.34	7.91	2.77	2.47	1.17	4.01	13.92	34.96	18.31	26.69
400 → 500	3.05	2.45	2.07	2.22	3.25	3.69	1.74	0.50	2.98	1.05
500 → 600	2.45	2.52	1.32	3.56	3.06	3.57	1.52	1.51	1.01	1.48

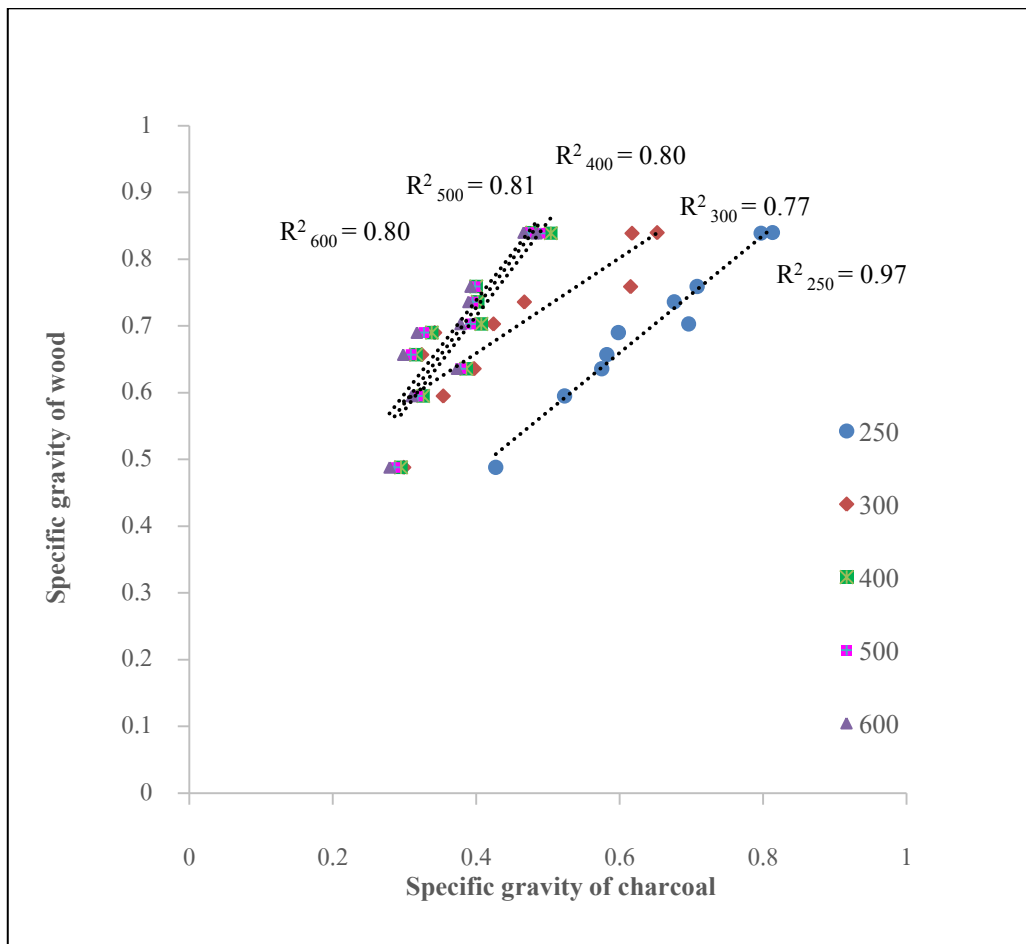


Figure 1 Relationship between specific gravity of wood and charcoal at different charring temperatures.

สรุป

จากผลการทดลองค่าความถ่วงจำเพาะของไม้ทั้ง 10 ชนิด เนื้อไม้มีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยสูงที่สุดคือ โกงกางใบเล็กมีค่า 0.840 รองลงมา ได้แก่ กระบก เต็ง รัง มะขาม กระถินณรงค์ กระถิน ขางพารา ยูคาลิปตัส และมะม่วง ซึ่งมีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย 0.839, 0.759, 0.736, 0.703, 0.690, 0.657, 0.636, 0.595 และ 0.488 ตามลำดับ

พบว่า ปฏิกิริยาอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา 250, 300, 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส มีอิทธิพลต่อค่าความถ่วงจำเพาะของถ่านไม้ ซึ่งค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P \leq 0.01$) และมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้อุณหภูมิในการเผาสูงขึ้น สำหรับปัจจัยตำแหน่งที่ใกล้เปลือกไม้ระหว่างเปลือกกับใจไม้ และใกล้ใจไม้ มีผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะของไม้และถ่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) มีแนวโน้มของค่าความถ่วงจำเพาะลดลงจากเปลือกถึงใจไม้ ยกเว้นไม้มะขามมีแนวโน้มของค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้นจากเปลือกถึงใจไม้ การลดลงของค่าความถ่วงจำเพาะเมื่อคิดเป็นร้อยละตามระดับอุณหภูมิในการเผา พบว่า การลดลงของค่าความถ่วงจำเพาะคิดเป็นร้อยละเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้น เช่น อุณหภูมิในการเผา 250 องศาเซลเซียส การลดลงของค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ใน

ช่วงร้อยละ 1.00 - 13.33 แต่เมื่อใช้อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียส การลดลงของค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วงร้อยละ 41.35 - 54.64 เป็นต้น ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดระหว่างเนื้อไม้กับถ่านที่ระดับอุณหภูมิ 250, 300, 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส เท่ากับ 0.97, 0.77, 0.80, 0.81 และ 0.80 ตามลำดับ ได้แสดงอิทธิพลการเผาที่มีผลต่อความถ่วงจำเพาะของไม้มาก เมื่ออุณหภูมิที่ใช้เผาไม้สูงขึ้นถึงระดับหนึ่งจะคงที่ โดยอุณหภูมิที่ใช้เผาไม้ให้กลายเป็นถ่านอย่างสมบูรณ์นั้นต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่า 400 องศาเซลเซียส ดังนั้นหากต้องการผลผลิตของถ่านที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูง ควรเผาถ่านที่อุณหภูมิ 400 ถึง 500 องศาเซลเซียส เพราะหากใช้อุณหภูมิในการเผาสูง จะทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของถ่านไม้ลดลงมาก อย่างไรก็ตามไม้ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูงจะทำให้ได้ถ่านที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูงเช่นเดียวกัน

REFERENCES

- Chotikhun, A. and N. Laemsak. 2009. Effects of various carbonization temperatures for closing wood-charcoal kiln on charcoal properties. **Thai J. For.** 28 (2): 73-80. (in Thai)
- Chunwarin, W. 1990. **Physical properties of wood**. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Cutter, B. E. and E. A. McGinnes. 1980. A note on density change patterns in charred wood. **Wood and Fiber**. 13: 39-44.
- Fuwape, J. A. 1996. Effects of carbonization temperature on charcoal from some tropical trees. **Bioresource Technology**. 57: 91-94.
- Kim, N. H. and R. B. Hana. 2006. Morphological characteristic of *Quercus variabilis* charcoal prepared at different temperature. **Wood science and Technology**. 40: 392-401.
- Khuantham, A. 2006. **Statistical methods and data analysis**. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Leme, C. L. D., C. Cartwright and P. Gasson. 2010. Anatomical changes to the wood of *Mimosa ophthalmocentra* and *Mimosa tenuiflora* when charred at different temperatures. **IAWA Journal**. 31 (3): 333-351.
- Panyatunya, W. 1998. **Technology of charcoal production for countryside**. Royal Forest Department, Bangkok. (in Thai)
- Pontus, Ch. 1991. Wood charcoal, pp. 89-120. **In Proceeding of silviculture 592: Wood energy**. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Royal Forest Department. 2012. **Data and information of Royal Forest Department**. Available Source: <http://forestinfo.forest.go.th/55/Default.aspx>, March 16, 2014. (in Thai)
- Sjöström, E. 1993. **Wood chemistry fundamentals and applications**. Academic Press, Inc., California.
- Villegas, J. P., J. M. M. Rodríguez, J. F. P. Valle and M. G. García. 2007. Changes in commercial wood charcoals by thermal treatment. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**. 80: 507-514.