

ผลกระทบของอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิที่มีต่อการสูญเสียมวล และสมบัติของถ่านจากปฏิกิริยาไพโรไลซิสของไม้ยูคาลิปต์

EFFECT OF HEATING RATES ON MASS LOSS AND PROPERTIES

OF CHARCOAL OBTAINED FROM PYROLYSIS OF RED GUM WOOD

ประเทือง พุดซ้อน^{1/}

Pratuang Puthson

ABSTRACT

This research was carried out to evaluate of heating rates on mass loss and properties of charcoal obtained from pyrolysis of red gum wood (*Eucalyptus camaldulensis*, Dehn.) in an electrical furnace. Ten trees with diameters of 15-20 cm were selected from the FIO eucalypt plantation, $2 \times 8 \text{ m}^2$ spacing, in Prachinburi Province. The trees were uniformly machined into $3 \times 3 \times 4 \text{ cm}^3$ specimens which were subsequently air dried. Two hundred specimens were randomly selected for the determination for effects of heating rates on pyrolysis.

The study of effects of heating rates on pyrolysis of the red gum wood was carried out by heating oven dried specimens from 100°C to maximum temperature ($200-550^\circ\text{C}$) at every 50°C interval. Five heating rates were given at 1, 5, 10 and $20^\circ\text{C}/\text{min}$ and at maximum temperatures (isothermal). The results indicated that both maximum temperature and heating rates affected mass loss and charcoal properties. At every interval of increasing maximum temperatures, the residual mass was reduced significantly and some charcoal properties were improved, i.e. fixed carbon and heat contents. The heating rates had less effect on mass loss and charcoal properties than maximum temperatures. The residual mass was significantly remained more only at $1^\circ\text{C}/\text{min}$ and maximum temperatures of $300-400^\circ\text{C}$ than others heating rates. The heating rates did not affect charcoal properties significantly.

The average residual mass and respective charcoal properties were listed as follows : 25.54-55.64% residual mass, 0.27-0.46 g/cm^3 apparent density, 2.57-21.20% longitudinal shrinkage, 0.35-0.95% ash content, 16.32-48.32% volatile matter, 51.33-82.84% fixed carbon content and 6,143-7,859 cal/g heat of combustion.

บทคัดย่อ

การศึกษาถึงผลกระทบของอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิที่มีต่อการสูญเสียมวล และสมบัติของถ่านจากปฏิกิริยาไพโรไลซิสของไม้ยูคาลิปต์ พันธุ์คามาลดูเลนซิส ในสวนป่าไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในโครเจน กลุ่มไม้ตัวอย่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15-20 ซม. จำนวน 10 ต้น จากสวนป่าไม้ยูคาลิปต์ที่ปลูกระยะ $2 \times 8 \text{ ม.}$ ขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ จังหวัดปราจีนบุรี สักขึ้นไม้ตัวอย่างขนาด $3 \times 3 \times 4 \text{ ซม.}$ จำนวน 200 ชิ้น แล้วฝังให้แห้งด้วยกระแสอากาศ สุ่มไม้ตัวอย่างเหล่านี้มาศึกษาถึงผลกระทบของอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาไพโรไลซิสของไม้ตัวอย่างอบแห้ง ดังกล่าว

จากการศึกษาถึงผลกระทบของอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาไพโรไลซิสของไม้ตัวอย่างอบแห้ง จากอุณหภูมิ 100°C จนถึงอุณหภูมิสูงสุดตั้งแต่ $300-550^\circ\text{C}$ โดยกำหนดอุณหภูมิสูงสุดเพิ่มขึ้นช่วงละ 50°C และใช้อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 อัตรา คือ 1, 5, 10 และ $20^\circ\text{C}/\text{นาที}$ และที่อุณหภูมิ

^{1/}นักวิชาการผลิตถ่าน คณาวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน จ.ท. 10908

สูงสุดคงที่ ผลการทดลองพบว่า ทั้งอุณหภูมิสูงสุดและอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิมีผลกระทบต่อการสูญเสียมวลและสมบัติของถ่านดังนี้ (1) ทุกช่วงของอุณหภูมิสูงสุดที่เพิ่มขึ้นจะเป็นผลให้มวลของไม้ตัวอย่างลดลงและเป็นผลให้สมบัติของถ่านหลายประการมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (2) อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิมีผลกระทบต่ออัตราการสูญเสียมวลและสมบัติของถ่านน้อยกว่าอุณหภูมิสูงสุด ที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ $1^{\circ}\text{C}/\text{นาที่}$ และช่วงอุณหภูมิสูงสุด $300-400^{\circ}\text{C}$ เท่านั้น ที่เป็นผลให้การสูญเสียมวลของไม้ตัวอย่างน้อยกว่าที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิที่ศึกษาทั้งหมดจะไม่ทำให้สมบัติของถ่านแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักถ่านที่ได้และสมบัติของถ่านสรุปได้ดังนี้ น้ำหนักถ่านที่ได้ 25.54-55.84%, ความหนาแน่นของถ่านก่อน 0.27-0.46 กรัม/ซม.³, การหดตัวทางเส้นยาว 2.57-21.20%, ปริมาณซีเล็น 0.35-0.95%, ปริมาณสารระเหย 16.32-48.32%, ปริมาณคาร์บอนเสถียร 61.33-82.64% และค่าความร้อนของการสันดาป 8,143-7,859 แคลอรี/กรัม

คำนำ

พลังงานเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์เป็นอย่างมาก แหล่งพลังงานที่สำคัญแหล่งหนึ่งคือ พลังงานจากไม้ฟืนและถ่าน ซึ่งแต่เดิมได้จากป่าไม้ธรรมชาติ แต่ในปัจจุบันป่าไม้ธรรมชาติได้ถูกทำลายไปอย่างรวดเร็ว รัฐบาลจึงมีการส่งเสริมการปลูกป่าทั้งในภาครัฐบาลและภาคเอกชน โดยส่งเสริมให้ปลูกไม้โตเร็ว เช่น ไม้ยูคาลิปต์ กระดินณรงค์ กระดินอักรัม ชีเหล็ก และสะระตา เป็นต้น ในบรรดาไม้โตเร็วเหล่านี้ ไม้ยูคาลิปต์เป็นไม้ที่หาง่าย โตเร็วและทนแล้งได้ดี ประกอบกับมีความเหมาะสมที่จะปลูกสร้างสวนป่า โดยให้ผลคุ้มค่า ดังนั้น ไม้ชนิดนี้จึงเป็นที่นิยมในการปลูกสร้างสวนป่ากันอย่างแพร่หลาย

สำหรับการใช้ประโยชน์ของไม้ยูคาลิปต์มีมากมาย เช่น ใช้ในการทำเยื่อกระดาษ แผ่นใยไม้อัดแข็ง แผ่นขึ้นไม้อัด ใช้ทำเสา และใช้เป็นเชื้อเพลิง แต่มีปัญหาในการใช้ประโยชน์ของไม้ยูคาลิปต์

ในอุตสาหกรรมใหญ่ ๆ ในประเทศไทย เช่น อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ คือแหล่งวัตถุดิบไม้ยูคาลิปต์มีไม่เพียงพอ หรืออยู่กระจัดกระจายออกไป ทำให้ต้นทุนในการขนส่งวัตถุดิบสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เป็นเชื้อเพลิงหรือการผลิตถ่านซึ่งเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กแล้ว จะเห็นได้ว่าการลงทุนในการสร้างเตาถ่านต่ำกว่าการลงทุนของอุตสาหกรรมอื่น และสามารถทำเป็นอุตสาหกรรมภายในครอบครัวได้

จากการศึกษาปฏิกิริยาไพโรไลซิส พบว่า การสูญเสียมวลมีค่ามากที่สุดในช่วงอุณหภูมิ $300-350^{\circ}\text{C}$ เพราะเกิดการสลายตัวด้วยความร้อนของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน (Baileys and Blangenhorn, 1982) สำหรับผลกระทบของอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็นไปตามทฤษฎีของปฏิกิริยาไพโรไลซิส ซึ่งอุณหภูมิเป็นถึงสำคัญที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์หลักที่ได้ ถ้าให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ตั้งแต่ $1-1,000^{\circ}\text{C}/\text{นาที่}$ จะได้ผลิตภัณฑ์หลักออกมาเป็นขอมแข็ง คือ ถ่าน แต่ถ้าให้อุณหภูมิเพิ่ม

ขึ้นอย่างรวดเร็ว ตั้งแต่ $1,000^{\circ}\text{C}$ /นาที่ขึ้นไป จะได้ผลิตภัณฑ์หลักออกมาเป็นของเหลวและแก๊ส จะได้ถ่านออกมาในปริมาณน้อย ส่วนที่อุณหภูมิสูงกว่า 400°C อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิจะมีผลต่อการสูญเสียมวลน้อยมาก (Beall, 1977)

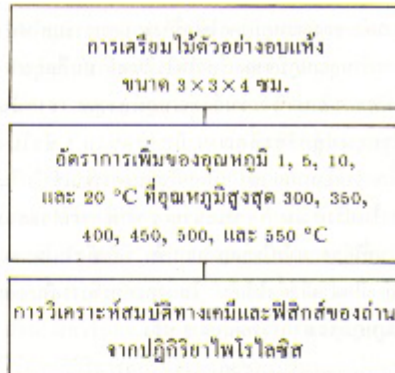
อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ตัวอย่างไม้ยูคาลิปต์ พันธุ์คามาลดูเตนซิส จากสวนป่าสระแก้ว อำเภอวังน้ำเย็น จังหวัดปราจีนบุรี อายุ 8 ปี 8 เดือน เส้นผ่าศูนย์กลาง 15-21 ซม. จำนวน 10 ต้น ใช้เฉพาะท่อนโคนยาวประมาณ 1 ม.
2. เตาเผาไฟฟ้า
3. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ
4. เครื่องควบคุมกระแสไฟฟ้า
5. Oxygen bomb calorimeter ของ Parr no. 1241, 1108 oxygen bomb และ Parr 1720 calorimeter controller
6. ไพโรมิเตอร์
7. อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ เช่น เครื่องชั่ง, โดลูความชื้น, ขวดชั่ง และ crucible เป็นต้น

วิธีการ

ในการศึกษาถึงผลกระทบของอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิที่มีต่อการสูญเสียมวลและสมบัติของถ่านจากปฏิกิริยาไพโรไลซิสของไม้ยูคาลิปต์อบแห้ง ภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจนที่ความดันปกติ แบ่งวิธีการศึกษา ดังต่อไปนี้



1. การเตรียมตัวอย่างไม้

แปรรูปท่อนไม้ตัวอย่างให้มีขนาด $3 \times 3 \times 4$ ซม.³ จำนวน 200 ชิ้น แล้วผึ่งให้แห้งในกระแสอากาศ สุ่มชิ้นไม้ตัวอย่างมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ แล้วนำออกมาใส่ในโดลูความชื้น (desiccator) ชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักและวัดความยาวของตัวอย่างแต่ละชิ้น แล้วเก็บไม้ตัวอย่างนี้ไว้ในโดลูความชื้น เพื่อที่จะนำไปศึกษาปฏิกิริยาไพโรไลซิสต่อไป

2. การศึกษาปฏิกิริยาไพโรไลซิสของไม้ตัวอย่างอบแห้ง ที่อุณหภูมิสูงสุด 300-550 $^{\circ}\text{C}$ และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 1, 5, 10 และ 20°C /นาที่ และที่อุณหภูมิสูงสุดคงที่

ในการทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสของไม้ตัวอย่างอบแห้ง จะศึกษาที่อุณหภูมิสูงสุด 300, 350, 400, 450, 500 และ 550°C ในแต่ละอุณหภูมิสูงสุดจะศึกษาที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 1, 5, 10 และ 20°C /นาที่ และที่อุณหภูมิสูงสุดคงที่ ในแต่ละอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิใช้ไม้ตัวอย่างอบแห้งจำนวน 3 ชิ้นใส่ที่ตรงกลางเตาเผาไฟฟ้า ปลดแก๊สไนโตรเจนเข้าไปเบา ๆ ในอัตรา 0.03 ลิตร/นาที่ และเพิ่มอุณหภูมิตามอัตราที่กำหนด โดยเริ่มจากอุณหภูมิตั้งแต่ 100°C จนถึงอุณหภูมิสูงสุด ความดันอัตรา

การเพิ่มของอุณหภูมิโดยใช้เครื่องควบคุมกระแสไฟฟ้า และอ่านอุณหภูมิจากเครื่องเทอร์มิสเตอร์ บันทึกอุณหภูมิทุก ๆ ๕ นาที จนถึงอุณหภูมิสูงสุด จากนั้น ความคุมปฏิบัติการที่อุณหภูมิสูงสุดนาน ๑ ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา เปิดแก๊สไนโตรเจนเข้าไปใน เสาในปริมาณมาก ประมาณ ๕ นาที นำตัวอย่าง แก๊สที่ได้ออกมาใส่ในโบลความชื้น ที่มีแก๊สไนโตรเจน อยู่ ปิดฝาแล้วทิ้งไว้หนึ่ง โชมเตอร์การเพิ่มของ อุณหภูมิจะทำการทดลอง ๒ ครั้ง

3. การวิเคราะห์สมบัติของถ่าน

ตัวอย่างถ่านที่ได้จากข้อ ๒ เมื่อเย็นแล้ว ให้ทำการชั่งน้ำหนักทั้งก้อนเพื่อหาผลผลิตถ่าน วัด ความยาวเพื่อหาการหดตัวทางด้านยาว จากนั้น แบ่งถ่านแต่ละก้อนตามความยาว ดังนี้

1/4 ก้อน - นำไปหาความแน่นโดยการ แทนที่น้ำ

1/2 ก้อน - นำไปบดเพื่อประเมินค่าทางเคมี

1/4 ก้อน - เก็บไว้เป็นตัวอย่าง

การวิเคราะห์สมบัติของถ่านแต่ละอย่าง แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การหาผลผลิตถ่านและการสูญเสียมวล

% ผลผลิตถ่าน = $\frac{(\text{น้ำหนักถ่าน/น้ำหนัก อนุแห้งของไม้}) \times 100}{\text{น้ำหนักของไม้}}$

% การสูญเสียมวล = $100 - \% \text{ ผลผลิตถ่าน}$

3.2 การหดตัวทางด้านยาว วัดความยาว ของถ่านจากข้อ 3.1 ด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ ทำ- นวนการหดตัวทางด้านยาว ดังนี้

% การหดตัวทางด้านยาว

$$= \frac{\text{ความยาวของไม้} - \text{ความยาวของถ่าน} \times 100}{\text{ความยาวของไม้}}$$

3.3 การหาค่าความหนาแน่นของถ่านก้อน โดยการแทนที่น้ำ, การประเมินค่าทางเคมีของถ่าน, (ปริมาณซีลล์ ปริมาณสารระเหย และปริมาณ

คาร์บอนเสถียร) และการหาค่าความร้อนของการ สิ้นคามป์ ทำตามวิธีที่ได้รายงานโดย ประเทือง (2532)

ผลและวิจารณ์

ผลกระทบต่อการสูญเสียมวล

ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักถ่านที่ได้แสดงในภาพที่ ๑ ที่อุณหภูมิสูงสุด 300, 350, 400, 450, 500 และ 550 °C มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักถ่านที่ได้สามลำดับ ดังนี้ 52.21, 40.91, 35.34, 30.90, 28.74 และ 27.14% ส่วนที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 1, 5, 10 และ 20 °C/นาที และที่อุณหภูมิสูงสุดคงที่ที่มีค่า เฉลี่ยของน้ำหนักถ่านที่ได้สามลำดับดังนี้ 38.10, 38.50, 35.21, 34.71 และ 34.85%

จากการทดสอบค่าทางสถิติพบว่า ทั้งอัตรา การเพิ่มของอุณหภูมิและอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา จะทำให้ค่าเฉลี่ยของการสูญเสียมวลแตกต่างกันคือ ถ้าระดับของอุณหภูมิสูงสุดที่ใช้ทำปฏิกิริยา เพิ่มขึ้น น้ำหนักถ่านที่ได้จะลดลงและมีการสูญเสีย มวลมากขึ้น ซึ่งตรงกับรายงานของทรรพนิษฐ์ (2529) และ Beall (1977) สำหรับผลกระทบของอัตรา การเพิ่มของอุณหภูมิมีดังนี้ ในช่วงอุณหภูมิสูงสุด 300- 400 °C การสูญเสียมวลของอัตราการเพิ่มของ อุณหภูมิค่า เช่น ที่ 1 °C/นาที มีค่าน้อยกว่าที่อัตรา การเพิ่มของอุณหภูมิ ≥ 10 °C/นาที ซึ่งผลการ ทดลองนี้เป็นไปตามทฤษฎีของปฏิกิริยาไพโรไลซิส ส่วนที่อุณหภูมิสูงสุด 450-550 °C อัตราการเพิ่ม อุณหภูมิที่ทดลองจะไม่ทำให้การสูญเสียมวลของไม้ ตัวอย่างแตกต่างกัน ซึ่งผลการทดลองนี้ตรงกับ รายงานของ Beall (1977)

ผลกระทบต่อความแน่นของถ่านก้อน

ค่าเฉลี่ยของความแน่นของถ่านก้อนแสดงใน ภาพที่ ๒ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.27-0.46 กรัม/ซม.³ ความ

แน่นของถ่านก๊อที่ได้จากปฏิกิริยาไพโรไลซิสจะลดลงประมาณ 50% จากตัวอย่างไม้ก่อนทำการทดลองและมีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มของอุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยา โดยที่อัตราการลดลงจะมีมากที่สุดระหว่างอุณหภูมิ 250-350 °C และที่อุณหภูมิสูงกว่านี้จะไม่เกิน 600 °C ความแน่นของถ่านก๊อจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ผลกระทบต่อการหดตัวทางด้านยาว

ค่าเฉลี่ยของการหดตัวทางด้านยาวแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 2.57-21.20% จากการทดสอบทางสถิติพบว่า อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิจะไม่ทำให้ค่าเฉลี่ยของการหดตัวทางด้านยาวแตกต่างกัน แต่การหดตัวทางด้านยาวจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยา การหดตัวของไม้เมื่อกลายเป็นถ่าน โดยเฉพาะทางด้านยาวจะมีค่าสูงกว่าการหดตัวของไม้สดจนถึงไม้แห้ง ตั้งแต่ 5-40 เท่าโดยประมาณ ตามอุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยา ซึ่งผลการทดลองนี้ใกล้เคียงกับรายงานของทรรศนัย (2529) ที่ใช้ไม้ยูคาลิปต์เป็นตัวอย่างและ Slocum และคณะ (1978) ในไม้ชนิดอื่น

ผลกระทบต่อการประเมินค่าทางเคมี

1. ปริมาณขี้เถ้า ค่าเฉลี่ยของปริมาณขี้เถ้าแสดงในภาพที่ 4 ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.35-0.95% ปริมาณขี้เถ้ามีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยา เนื่องจากอินทรียสารจะลดลงตามปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง

2. ปริมาณสารระเหย ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารระเหยแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 18.32-48.32% จากการทดสอบค่าทางสถิติพบว่า อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิจะไม่ทำให้ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารระเหยแตกต่างกัน แต่อุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยาจะทำให้ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารระเหยแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (x) และปริมาณสารระเหย (y) มีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรงแบบผกผัน ดังสมการ

$$y = 81.60 - 0.12x, r^2 = 0.994 \text{ (เฉลี่ยทุกอัตราเพิ่มของอุณหภูมิ)}$$

3. ปริมาณคาร์บอนเสถียร ค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนเสถียรแสดงในภาพที่ 6 ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 51.33-82.84% จากการทดสอบค่าทางสถิติพบว่า อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิจะไม่ทำให้ค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนเสถียรแตกต่างกัน แต่อุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยาจะทำให้ค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนเสถียรแตกต่างกัน อุณหภูมิ (x) และปริมาณคาร์บอนเสถียร (y) มีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรงแบบผกผัน ดังสมการ

$$y = 18.50 - 0.12x, r^2 = 0.994 \text{ (เฉลี่ยทุกอัตราเพิ่มของอุณหภูมิ)}$$

ผลกระทบต่อค่าความร้อนของการสันดาป

ค่าเฉลี่ยของค่าความร้อนของการสันดาปแสดงในภาพที่ 7 ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 6,143-7,859 แคลอรี/กรัม จากการทดสอบค่าทางสถิติพบว่าอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิไม่มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของค่าความร้อนของการสันดาปแตกต่างกัน แต่อุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยาจะทำให้ค่าเฉลี่ยของค่าความร้อนของการสันดาปแตกต่างกัน อุณหภูมิ (x) และค่าความร้อนของการสันดาป (y) มีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรงแบบผกผัน ดังสมการ

$$y = 4,184.39 - 6.48x, r^2 = 0.882 \text{ (เฉลี่ยทุกอัตราเพิ่มของอุณหภูมิ)}$$

สรุปผล

จากการศึกษาถึงผลกระทบของอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิที่ 1, 5, 10 และ 20 °C/นาที และที่อุณหภูมิสูงสุดคงที่ต่อปฏิกิริยาไพโรไลซิสของ

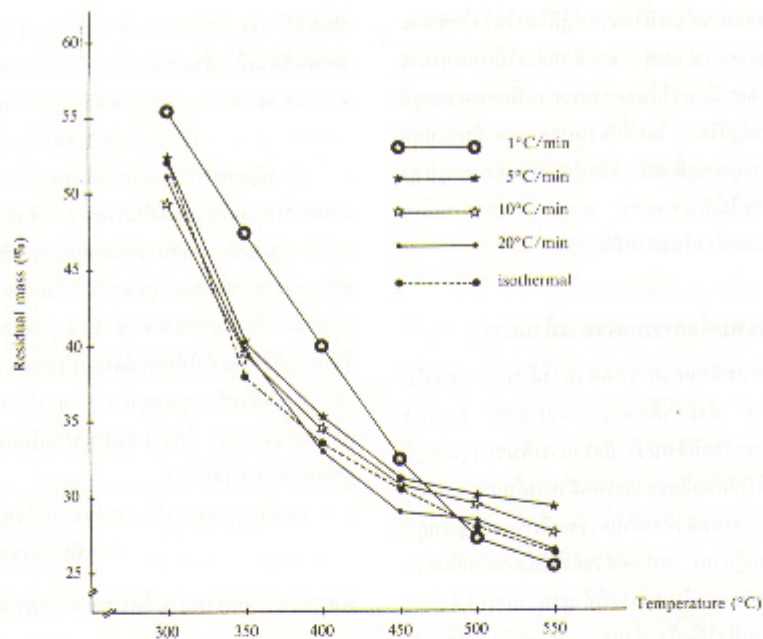


Figure 1 Average residual mass from pyrolysis of red gum specimen at maximum temperatures 300-550°C, heating rates 1-20°C/min and isothermal.

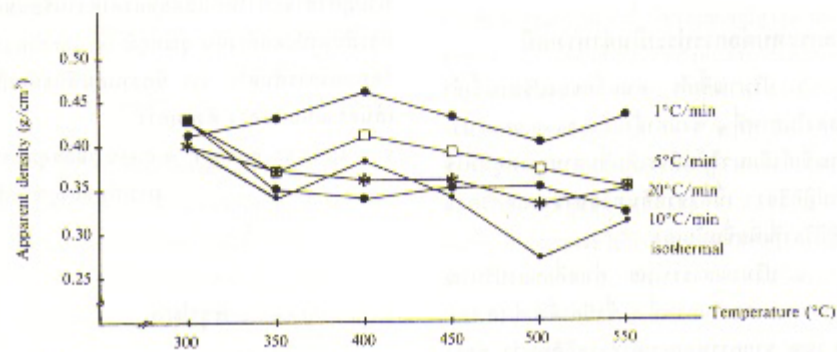


Figure 2 Apparent density from pyrolysis of red gum specimen at maximum temperatures 300-550°C, heating rates 1-20°C/min and isothermal.

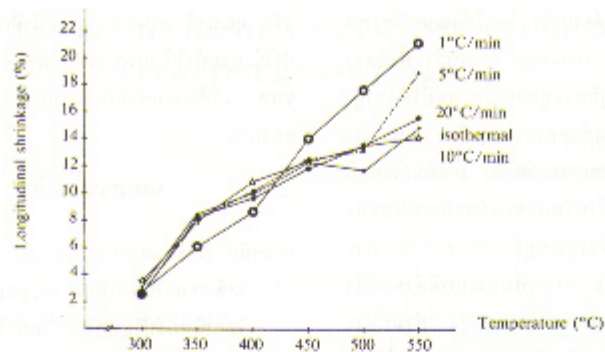


Figure 3. Longitudinal shrinkage from pyrolysis of red gum specimen at maximum temperatures 300-550°C, heating rates 1-20°C/min and isothermal.

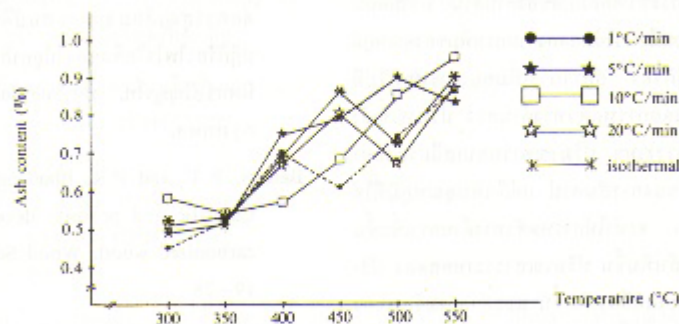


Figure 4. Ash content from pyrolysis of red gum specimen at maximum temperatures 300-550°C, heating rates 1-20°C/min and isothermal.

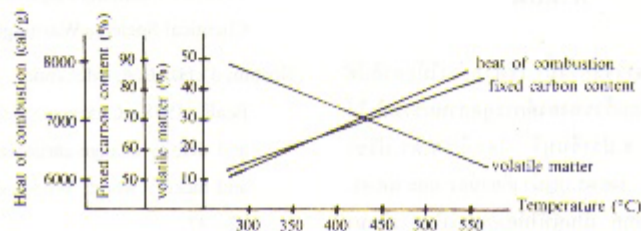


Figure 5. Heat of combustion, fixed carbon content and volatile matter from pyrolysis of red gum specimen at maximum temperatures 300-500°C, heating rates 1-20°C/min and isothermal.

ตัวอย่างไม้ยูคาลิปตัสอ่อนแห้ง โดยใช้อุณหภูมิสูงสุดในการทำปฏิกิริยา 300-550 °C พบว่า ทั้งอัตรา การเพิ่มของอุณหภูมิและอุณหภูมิสูงสุดที่ใช้ทำปฏิกิริยามีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของการสูญเสียมวลแตกต่างกัน ดังนั้นการสูญเสียมวลจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยา สำหรับผลของอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ คือ ในช่วงอุณหภูมิ 300-400 °C การสูญเสียมวลของอัตราการเพิ่มอุณหภูมิต่ำจะมีค่าน้อยกว่าที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิสูง ส่วนในช่วงอุณหภูมิ 450-550 °C อัตราการเพิ่มอุณหภูมิจะไม่มีผลต่อการสูญเสียมวล

อัตราการเพิ่มอุณหภูมิและอุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยามีผลกระทบต่อสมบัติของถ่านดังนี้ ความแน่นของถ่านก่อนมีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มของอุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยา อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิไม่มีผลกระทบต่อการหดตัวทางด้านยาว ปริมาณชีเล้าปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอนเสถียรและค่าความร้อนของการสันดาป แต่ถ้าเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยา จะทำให้การหดตัวทางด้านยาวเพิ่มขึ้น ปริมาณชีเล้าเพิ่มขึ้น ปริมาณสารระเหยลดลง ปริมาณคาร์บอนเสถียรเพิ่มขึ้น และค่าความร้อนของการสันดาปเพิ่มขึ้น

กํานิยาม

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ใช้ตัวอย่างไม้ยูคาลิปตัสจากสวนป่าสระแก้วขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ อ.วังน้ำเย็น จ.ปราจีนบุรี โดยมี รศ.ดร.ปรีชา เกียรติกระจาย ผศ.ดร.บุญนำ เกี้ยวข้อง และ ผศ.ดร.จารนัย พนิชขกุล เป็นผู้ให้คำแนะนำในการศึกษา

วิจัย คุณมาลี ภานุลำทา เจ้าหน้าที่กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ คุณสมเจตน์ พูลผล และคุณพรชัย ขอพร ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์สมบัติของถ่าน

เอกสารอ้างอิง

- ทรศนีย์ กิติรัตนตระกูล. 2529. ปฏิกิริยาไพโรไลซิสของไม้ยูคาลิปตัส พันธุ์ก้ามปูและลูกลิง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ประเทือง พูลซ้อน. 2532. ผลกระทบของอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิและปริมาณความชื้นที่มีต่อการสูญเสียมวลและสมบัติของถ่านจากปฏิกิริยาไพโรไลซิสของไม้ยูคาลิปตัส. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Baileys, R.T. and P.R. Blankenhorn. 1982. Calorific and porosity development in carbonized wood. *Wood Science* 5(1): 19-28.
- Beall, F.C. 1977. Properties of wood during carbonization under fire condition, pp. 107-114. *In* I.S. Goldstein (ed.). *Wood Technol: Chem. Aspects*. American Chemical Society, Washington D.C.
- Slocum, D.H., E.A. McGinness, Jr. and F.C. Beall, 1978. Charcoal yield shrinkage and density change carbonization of oak and hickory wood. *Wood Science* 11(1): 42-47.