สมบัติทางกายภาพและอัตราการดูดซับความชื้นของถ่านผลไม้

กฤษฎา บุญชม[1*] จุฑามาศ เตียวสกุล[2] กมลวรรณ ทิพวรรณ[3]

Received : April 20, 2020
Revised : August 22, 2020
Accepted : August 27, 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาสมบัติทางกายภาพและอัตราการดูดซับความชื้นของถ่านจากผลไม้ 6 ชนิด คือ ถ่านสับปะรด ถ่านเปลือกทุเรียน ถ่านข้าวโพด ถ่านกล้วย ถ่านมังคุดและถ่านเงาะ โดยสมบัติทางกายภาพที่ศึกษา คือ ค่าความร้อน ความชื้น ดัชนีแตกร่วนและร้อยละความพรุนปรากฏ พบว่าถ่านที่ค่าความร้อนสูงสุดคือถ่านข้าวโพด รองลงไปถือถ่านสับปะรด ถ่านจากเปลือกทุเรียน ถ่านกล้วย ถ่านมังคุดและถ่านเงาะ ตามลำดับ ถ่านทุกชนิดมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 cal/g อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 238/2547 ค่าดัชนีแตกร่วนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน 0.5 ถึง 1 และถ่าน 3 ชนิดมีค่าความชื้น มากกว่าร้อยละ 8 เกินเกณฑ์มาตรฐาน คือ ถ่านสัปปะรด ถ่านข้าวโพด ถ่านเปลือกทุเรียน มีค่าดังนี้ 15.47±2.36 10.51±0.54 และ 8.31±1.26 ตามลำดับ สำหรับคุณสมบัติในการดูดซับความชื้นของถ่านผลไม้พบว่า ถ่านจากสับปะรดมีอัตราการดูดซับความชื้นสูงที่สุด คือ ร้อยละ 11.613 ต่อวัน รองลงไปคือ ถ่านเปลือกทุเรียนมีอัตราการดูดซับความชื้น คือ ร้อยละ 9.858 ต่อวันและถ่านข้าวโพดมีอัตราการดูดซับความชื้น คือ ร้อยละ 4.602 ต่อวัน ตามลำดับ โดยปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการดูดซับความชื้นคือ ร้อยละความพรุนปรากฏของถ่านผลไม้ มีค่าดังนี้ 38.07±4.87 39.90±1.75 42.99±1.32 28.28±3.09 27.72±2.55 และ 49.87±0.26 ตามลำดับ จากผลที่ได้เมื่อพิจารณาจากค่าความร้อนและค่าความชื้นทำให้ถ่านข้าวโพดมีความเหมาะสมมากกว่าถ่านสัปปะรด ที่จะนำไปใช้เป็นถ่านหุงต้ม แต่ถ่านสัปปะรดมีความเหมาะสมมากกว่าถ่านข้าวโพดและเปลือกทุเรียนในการทำเป็นถ่านดูดความชื้น เมื่อพิจารณาจากความพรุนปรากฏและอัตราการดูดความชื้นของถ่านผลไม้ทั้ง 6 ชนิด

คำสำคัญ : ค่าความร้อน ค่าความชื้น ความพรุนปรากฏ อัตราการดูดซับความชื้น

[1] อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ e-mail : kritsada_boo@cmru.ac.th

[2] นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

[3] นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

** ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล์: e-mail : kritsada_boo@cmru.ac.th*

PHYSICAL PROPERTIES AND MOISTURE ADSORPTION RATE OF FRUIT CHARCOAL

Kritsada Boonchom[1*] Jutamas Thewsakun[2] Kamonwan Thipawan[3]

Abstract

The objective of this research is to study the physical properties and the moisture adsorption rate of charcoal from six kinds of fruit which are pineapple, durian peel, corn, banana, mangosteen and rambutan. The physical properties studied were calorific value (gross heat), moisture content, Shatter index and apparent porosity. It found that the highest calorific value is corn charcoal. Every type of charcoal has a calorific value of not less than 5,000 cal/g. There are in Thai community standard 238/2547. The Shatter index is in the range of 0.5 to 1. Pineapple charcoal, corn charcoal and durian rind charcoal had the moisture content more than 8 percent exceeded the standard criteria following values: 15.47±2.36 10.51±0.54 and 8.31±1.26, respectively. Charcoal from pineapples had the highest moisture absorption rate, 11.613 percent per day, followed by durian rind charcoal with 9.858 percent moisture absorption per day. The factors that affect moisture adsorption rate are the apparent porosity. The apparent porosities of fruit charcoal were as follows 38.07 ± 4.87 39.90 ± 1.75 42.99 ± 1.32 28.28 ± 3.09 27.72 ± 2.55 and 49.87 ± 0.26 respectively. Corn charcoal is more suitable than pineapple charcoal that will be used to charcoal for cooking. Pineapple charcoal is more suitable than corn charcoal and durian rind charcoal in making charcoal to absorb moisture.

Keywords: Gross heat, Moisture content, Apparent porosity, Moisture adsorption rate

[1] Lecturer of Physics and General Science department, Faculty of Science and Technology, ChiangMai Rajabhat University, ChiangMai province. e-mail : kritsada_boo@cmru.ac.th

[2] Scholar of Education Program, Faculty of Education, ChiangMai Rajabhat University, ChiangMai province.

[3] Scholar of Education Program, Faculty of Education, ChiangMai Rajabhat University, ChiangMai province.

** Corresponding author, e-mail : kritsada_boo@cmru.ac.th*

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชากรส่วนมากมีอาชีพเกษตรกรรม ทำนา ทำสวน ทำไร่ ผลผลิตที่ได้คือพืชผลทางการเกษตร เมื่อมีบางครั้งที่ผลผลิตล้นตลาดหรือเป็นช่วงเวลาที่ผลผลิตไม่เป็นที่ต้องการของตลาด พืชผลทางการเกษตรจึงมีมูลค่าต่ำและบางส่วนที่เหลือไม่สามารถขายได้ก็เน่าเสียกลายมาเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรหรือขยะ ดังนั้นเมื่อเกิดสภาวะเช่นนี้ขึ้น ตัวเกษตรกรเอง ผู้ประกอบการ นักวิชาการหรือหน่วยงานทางราชการที่เกี่ยวข้อง ก็จะมาร่วมกันแก้ปัญหาด้วยกระบวนการหรือวิธีการที่หลากหลายเพื่อมูลค่าของผลผลิต เช่น การพัฒนาหรือแปรรูปผลิตภัณฑ์ ขยายเวลาการเน่าเสีย พัฒนาบรรจุภัณฑ์ เพิ่มประโยชน์หรือสร้างช่องทางในการจัดจำหน่าย เป็นต้น ซึ่งผลผลิตทางการเกษตรอย่างหนึ่งที่ผู้วิจัยให้ความสนใจเนื่องจากผลไม้บางชนิดเกษตรกรต้องใช้เงินทุนและระยะเวลากว่าที่จะได้ผลผลิต และการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผลไม้โดยทั่วไปก็มี 2 แนวทางคือ พัฒนามาเพื่อการบริโภค หรือพัฒนาเพื่อการอุปโภคหรือการใช้สอย แต่ที่ผู้วิจัยให้ความสนใจคือการพัฒนาเพื่อการอุปโภค เป็นเครื่องใช้สอย เพราะนอกจากจะแก้ปัญหาเรื่องผลผลิตล้นตลาดแล้ว ยังจะแก้ปัญหาด้านอื่นๆ ด้วยเช่น ผลผลิตเสียหายก่อนเก็บเกี่ยว การปลิดผลผลิตทิ้งบางส่วน ซึ่งไม่ต้องคำนึงถึงอายุการเก็บเกี่ยวและความเสียหายของผลผลิต (ไม่สวย ช้ำ ตก เน่าบางส่วน) ประกอบกับฐานความรู้ที่ผู้วิจัยมี จึงมุ่งไปที่การแปรรูปผลิตภัณฑ์เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลแต่การนำผลไม้ไปพัฒนาเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลโดยตรงมีมูลค่าต่ำ ประกอบกับผลไม้มีรูปร่างที่สวยงามและก็มีหลายภาคส่วนนำไม้ไผ่ ผลไม้บางชนิด และเปลือกผลไม้ มาทำเป็นถ่านดูดความชื้น ซึ่งเป็นหนึ่งในคุณสมบัติตามธรรมชาติของถ่านไม้ ถูกศึกษาได้โดยการศึกษาความสามารถในการดูดซับไอน้ำในอากาศโดยการสังเกตความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นดูดซับและความพรุนของถ่านที่ผลิต (Dias Júnior et al., 2016) และถ่านดูดกลิ่น โดยการศึกษาหาค่าไอโอดีน เพื่อเพิ่มมูลค่าของถ่านไม้ โดยจากรายงานการจัดการความรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตถ่านดูดกลิ่น 3 In 1 จากวัสดุเหลือทิ้งตาลโตนด พบว่าชุมชนจะมีรายได้เสริมจากการขายถ่านดูดกลิ่น ต่อเดือนประมาณ 55,000 บาท หรือ ปีละ 660,000 บาทต่อปี (จันทร์เพ็ญ ชุมแสง และพิทักษ์ อุปัญญ์, 2562)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาสมบัติทางกายภาพและอัตราการดูดซับความชื้นของถ่านของถ่านผลไม้จาก มังคุด เงาะ กล้วย สับปะรด ข้าวโพด และเปลือกทุเรียน เพื่อเป็นข้อมูลเชิงเทคนิคประกอบการตัดสินใจสำหรับการพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ถ่านประดับเพื่อการดูดความชื้น วัสดุปลูกและประดับสำหรับการปลูกกล้วยไม้ จากงานวิจัยของ Takolpuckdee (2014) ได้ศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น เปลือกทุเรียน เปลือกมังคุด ซังข้าวโพด และเปลือกกล้วย มาปรับปรุงดิน เนื่องจากในถ่านมีร้อยละของธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียมและแมกนีเซียม นอกเหนือจากการทำถ่านเพื่อเป็นเชื้อเพลิงให้กับชุมชนที่สนใจต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาค่าความร้อน ร้อยละความพรุนและดัชนีแตกร่วนของถ่านผลไม้จาก มังคุด เงาะ กล้วย สับปะรด ข้าวโพด และเปลือกทุเรียน

2. ศึกษาอัตราการดูดซับความชื้นของถ่านผลไม้จาก มังคุด เงาะ กล้วย สับปะรด ข้าวโพด และเปลือกทุเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินงานมีจัยนี้มีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

1. การคัดเลือกผลไม้ที่จะนำมาทำการเผาเป็นถ่าน เนื่องจากต้องการพัฒนาเป็นถ่านประดับ จึงมีเกณฑ์การคัดเลือกจาก ความสวยงามของลวดลายพื้นผิว (Texture pattern) ในกรณีศึกษา นี้ได้เลือกเอาผลไม้ 5 ชนิด คือ มังคุด เงาะ กล้วย สับปะรด ข้าวโพด และเศษวัสดุจากผลไม้ 1 ชนิดคือเปลือกทุเรียน

2. ทดลองเผาเป็นถ่านเพื่อศึกษาช่วงอุณหภูมิในการเปลี่ยนเป็นถ่านของผลไม้แต่ละชนิด การให้พลังงานที่เหมาะสม และทำการสร้างผลิตภัณฑ์ โดยในการเผาถ่านผลไม้จะใช้เตาเผาถ่านแบบถัง 200 ลิตร วางในแนวนอน และนำผลไม้ใส่ถังเหล็กขนาดเล็กดังแสดงในภาพที่ 3 ใส่ใบตองคลุมปิดไว้ด้านบนของวัตถุดิบเพื่อป้องกันเขม่าที่เกิดขึ้นขณะการเผา

2.2.1. นำเชื้อเพลิงมาจุดไฟ ให้ความร้อนกระจายเข้าไปในเตา เพื่อไล่ความชื้นที่อยู่ในเตาและเนื้อผลไม้ออกไป ซึ่งในตอนแรกนี้ควันที่เกิดจากการเผาไหม้ จะมีลักษณะเป็นสีขาวที่ เมื่อเผาถ่านได้สักพัก ควันจะเริ่มลดน้อยลงละเปลี่ยนจากสีขาวกลายเป็นสีเทา เมื่อควันเป็นสีเทาแล้วจึงค่อยๆ ลดเชื้อเพลิงและลดหน้าเตาลงเพื่อควบคุมปริมาณอากาศภายในเตา เพราะต่อจากนี้ผลไม้ในเตาจะเริ่มคลายความร้อน จนทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น หลังจากนั้นผลไม้ที่ทำการเผาจะเปลี่ยนสภาพกลายเป็นถ่าน ช่วงนี้ใช้เวลาประมาณ 3 - 7 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ ดังแสดงในภาพที่ 1

2.2.2. สังเกตดูที่ควันอีกครั้งเมื่อเกิดควันใส ให้ทำการเปิดปากเตา ปล่องไฟทั้งหมดทิ้งไว้ประมาณ 1-2 ชั่วโมง เพื่อให้ถ่านเย็นลงจึงนำออกมา

(ก) จุดเชื้อเพลิงให้ความร้อนในเตา (ข) ลดเชื้อเพลิงและลดหน้าเตา (ค) นำผลิตภัณฑ์ออกจากเตา

ภาพที่ 1 แสดงกระบวนการเผาถ่านผลไม้

3. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของถ่านผลไม้ดังนี้ ค่าความร้อน ร้อยละความพรุนและดัชนีแตกร่วน ตามวิธีมาตรฐาน ASTM (American society for testing and material)

ค่าความร้อน (Gross heat) (ASTM D 3286) โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb calorimeter)
ร้อยละความชื้น (Moisture content) (ASTM D 3286) อบที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นใน Desiccators เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วคำนวณหาค่าความชื้น ตามมาตรฐานแห้ง ตามสมการที่ (1) (สุวดี จางอิสระกุล และคณะ, 2552)

$$M_d = \frac{(w-d)}{d} \times 100\% \quad (1)$$

เมื่อ M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง,เศษส่วน
w คือ มวลของวัสดุ
d คือ มวลของวัสดุแห้งที่ไม่มีความชื้น

ดัชนีแตกร่วน (Shatter index) (ASTM D 3038) โดยการปล่อยถ่านผลไม้ลงพื้น จากความสูง 1 เมตร (Drop shatter test) แล้วคำนวณหาค่าดัชนีแตกร่วน ตามสมการที่ (2) (ศุภกร เชื้ออำ และคณะ, 2561)

$$R = \frac{W_a}{W_b} \quad (2)$$

เมื่อ R คือ ดัชนีการแตกร่วน
W_a คือ น้ำหนักของวัตถุหลังจากปล่อย (กรัม)
W_b คือ น้ำหนักของวัตถุก่อนปล่อย (กรัม

ร้อยละความพรุนปรากฏ (Apparent porosity) (ASTM C20) (วันโชค เครือหงส์ และคณะ,2559) คำนวณได้ตามสมการที่ (3)

$$\%App.P = \frac{(S-D)}{(S-I)} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ D คือ น้ำหนักของชิ้นตัวอย่างแห้ง
S คือ น้ำหนักของชิ้นตัวอย่างอิ่มตัว (ชั่งในอากาศ) (ต้ม 2 ชั่วโมง แช่น้ำทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง)
I คือ น้ำหนักของชิ้นตัวอย่างอิ่มตัวชั่งในน้ำ

โดยที่ ความถ่วงจำเพาะปรากฏ (Apparent specific gravity (T)) หาได้จากสมการที่ (4)

$$T = \frac{D}{D-I} \quad (4)$$

และ ความหนาแน่นรวม (Bulk density (B)) หาได้จากสมการที่ (5)

$$B = \frac{D}{S-I} \quad (5)$$

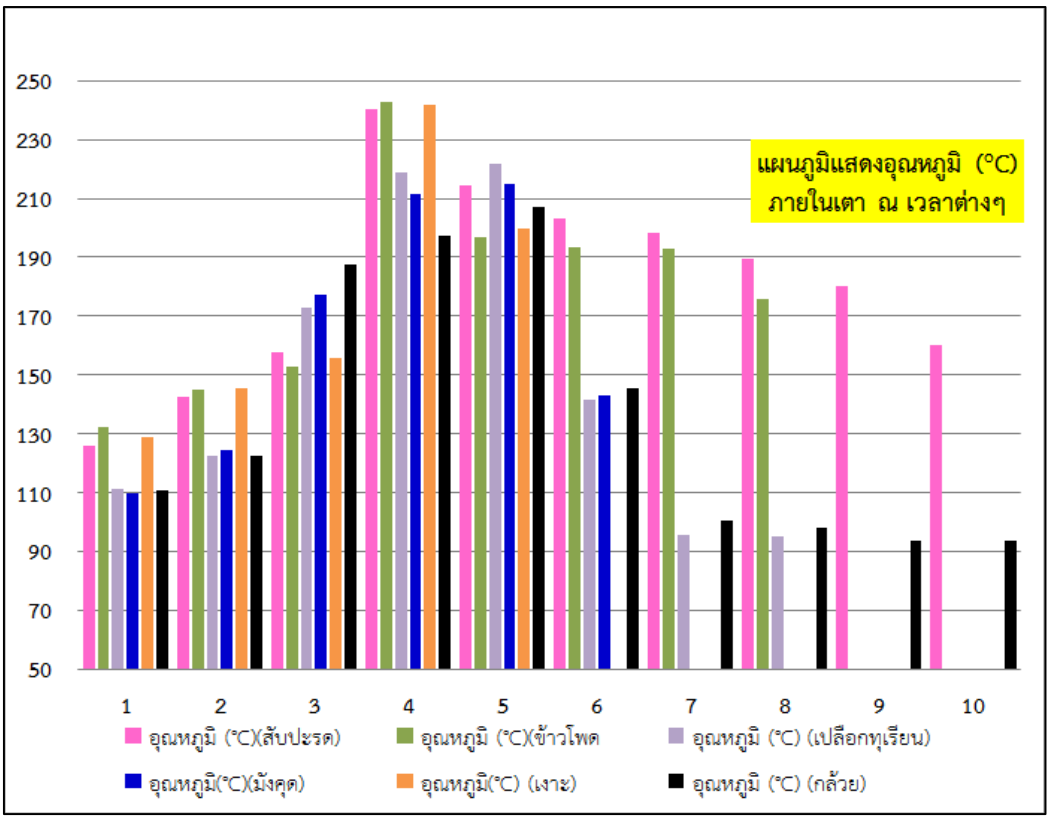
4. ศึกษาอัตราการดูดซับความชื้นของถ่านผลไม้ สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

โดยค่าที่ได้จากการวัดในตารางที่ 1 แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error (α)) ตามสมการ (6) โดย S.D. คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและ n เป็นจำนวนข้อมูล

$$\alpha = \frac{S.D.}{\sqrt{n}} \qquad (6)$$

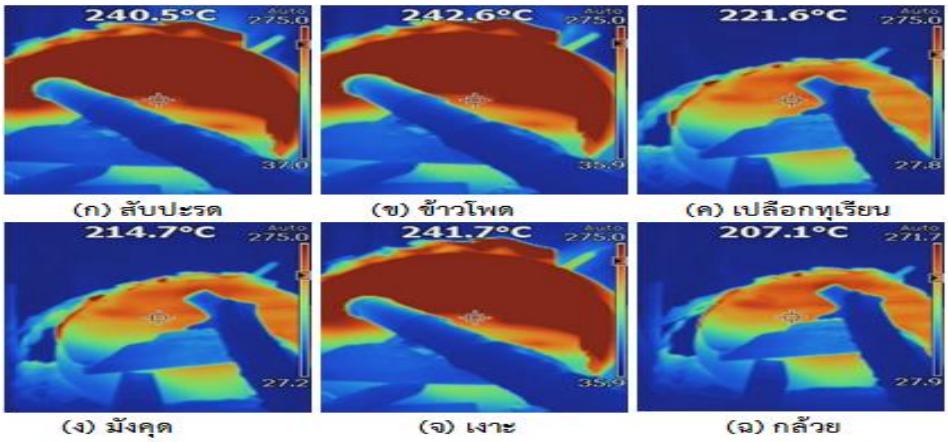
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวัดอุณหภูมิภายในเตาระหว่างการเผาถ่านผลไม้ชนิดต่าง ๆ ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ ทำการวัดโดยกล้องวัดรังสีความร้อน Fluke TI450 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของอุณหภูมิในการเผาถ่านผลไม้ชนิดต่างๆ ในภาพที่ 1 พบว่า ถ่านจากฝักข้าวโพดมีอุณหภูมิการเผาที่ฝักข้าวโพดเปลี่ยนเป็นถ่านทั้งหมดสูงที่สุดคือ 242.6 องศาเซลเซียส รองลงไปคือถ่านจากผลเงาะ และผลสับปะรด ซึ่งมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันคือ 241.7 และ 240.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และ ถ่านผลไม้ที่ใช้เวลาในการเปลี่ยนให้เป็นถ่านทั้งหมดคือ ถ่านผลสับปะรดและถ่านผลกล้วยใช้เวลา 10 ชั่วโมง และที่ใช้เวลาสั้นที่สุดคือ ถ่านจากผลเงาะ ใช้เวลา 5 ชั่วโมง โดยถ่านผลไม้ทุกชนิดได้ถูกทดลองเผามาก่อนแล้ว ถ้าทำเผาเกินกว่าเวลาที่แสดงถ่านจะไหม้เป็นเถ้าหมด

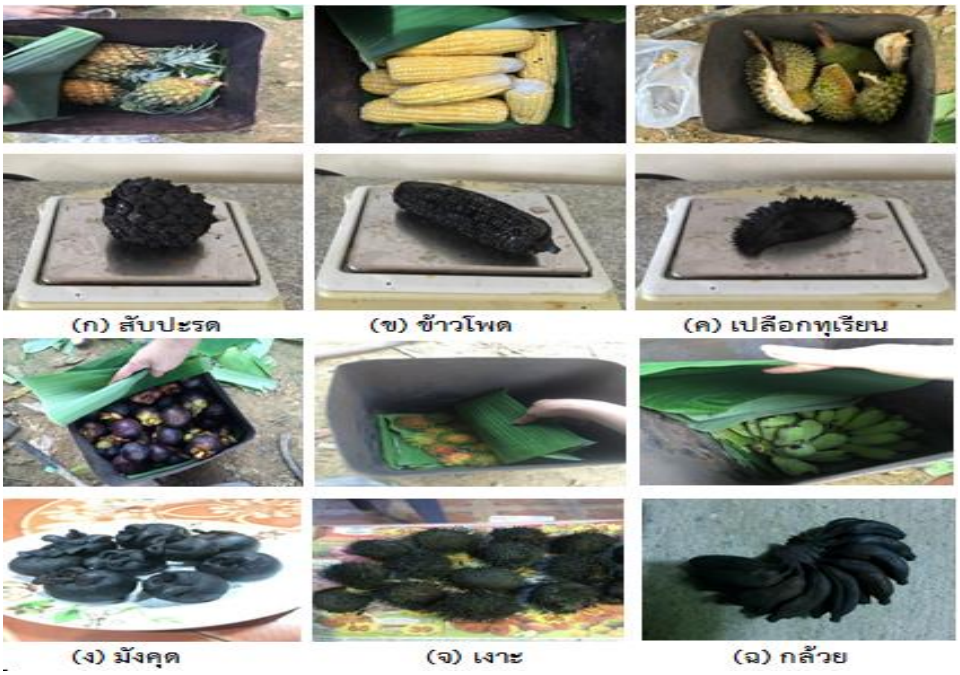


ภาพที่ 2 แสดงอุณหภูมิในเตาระหว่างการเผาถ่านผลไม้ ณ เวลาต่างๆ

ผลของอุณหภูมิในการเปลี่ยนให้เป็นถ่านสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ จรูญ เก่งเขตรวิทย์ และคณะ (2557) ที่พบว่า เงื่อนไขที่เหมาะสมต่อการผลิตถ่านมังคุดดูดกลิ่นด้วยเตาเผาชีวมวลขนาดเล็ก คือ อุณหภูมิช่วงการเผาไหม้ควรอยู่ระหว่าง 200-300 องศาเซลเซียส และถ้าช่วงอุณหภูมิการเผาไหม้สูงถึง 300-400 องศาเซลเซียส ผลมังคุดจะกลายเป็นเถ้าก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นถ่านแต่ถ้าช่วงอุณหภูมิการเผาไหม้ต่ำกว่า 200 องศาเซลเซียส ผลมังคุดจะถูกเปลี่ยนเป็นถ่านแค่บางส่วน ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพแสดงในตารางที่ 1



ภาพที่ 3 แสดงรังสีความร้อนที่อุณหภูมิสูงสุดในเตาระหว่างการเผาถ่านผลไม้



ภาพที่ 4 ผลิตภัณฑ์ก่อนการเผาและหลังการเผา

ตารางที่ 1 แสดงสมบัติทางกายภาพของถ่านผลไม้แต่ละชนิด

ชนิดถ่านผลไม้	ค่าความร้อน (Gross heat) (cal/g)	ร้อยละความชื้นเฉลี่ยของถ่าน	ดัชนีแตกร่วนเฉลี่ย	ความหนาแน่นรวม (g/cm^3)	ความหนาแน่นปรากฏ (g/cm^3)	ร้อยละความพรุนปรากฏเฉลี่ย
สับปะรด	6,586.48	15.47±2.36	0.98±0.01	0.16±0.03	0.27±0.07	38.07±4.87
ข้าวโพด	6,679.89	10.51±0.54	0.98±0.01	0.23±0.01	0.41±0.02	42.99±1.32
เปลือกทุเรียน	5,989.97	8.31±1.26	0.98±0.01	0.25±0.01	0.42±0.02	39.90±1.75
มังคุด	5,118.25	2.85±0.40	0.99±0.01	0.41±0.02	0.57±0.01	28.28±3.09
เงาะ	5,051.60	4.02±0.57	0.99±0.01	0.27±0.01	0.38±0.02	27.72±2.55
กล้วย	5,624.22	2.57±0.54	0.96±0.04	0.35±0.02	0.69±0.03	49.87±0.26

หมายเหตุ ค่าในตารางคือ ค่าเฉลี่ย±ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

จากตารางค่าความร้อนถ่านผลไม้ทุกชนิด เป็นไปตาม มผช.238/2547 คือมี ค่าความร้อนเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง คือมีค่าไม่น้อยกว่า 5,000 cal/g ค่าความร้อนของถ่านสัมพันธ์กับปริมาณคาร์บอนที่อยู่ในถ่าน และการกลายเป็นถ่านของวัตถุดิบ ก็คือการทำให้เซลลูโลสกลายเป็นถ่านดังนั้นปริมาณของเซลลูโลสในวัตถุดิบจึงสัมพันธ์กับปริมาณคาร์บอนที่อยู่ในถ่าน Asim et al. (2015) ได้ศึกษาองค์ประกอบของใบสับปะรด พบว่า มีปริมาณร้อยละของคาร์บอน เท่ากับ 73.13 ของปริมาณองค์ประกอบทั้งหมด จึงทำให้ถ่านสับปะรดมีความร้อนสูงเนื่องจากผลสับปะรดจะมีส่วนหัวที่เป็นใบของสับปะรดอยู่และใกล้เคียงกับถ่านจากข้าวโพด โดยจากงานวิจัยของ Mullen et al. (2010) ได้ศึกษาองค์ประกอบของพบว่าซังข้าวโพดมีร้อยละคาร์บอนคงตัว เท่ากับ 47.35 แต่อัตราส่วนเนื้อของสับปะรดต่อใบมากกว่าอัตราส่วนเนื้อของข้าวโพดต่อซังข้าวโพด เวลาเปลี่ยนเป็นถ่านและนำมาวัดค่าปริมาณความร้อนเป็นถ่านบดที่มีส่วนผสมของทั้ง 2 ส่วน จึงทำให้ค่าความร้อนของถ่านจากข้าวโพดสูงกว่าถ่านจากสับปะรด และ Nuithitikul et al. (2015) ศึกษาองค์ประกอบของเปลือกทุเรียนพบว่ามีร้อยละคาร์บอนคงตัว 42.86 และ Mukti et al. (2018) ได้ศึกษาองค์ประกอบของเปลือกมังคุดพบว่ามีร้อยละคาร์บอนคงตัว 32.29 และ Rosal et al. (2012) ศึกษาองค์ประกอบของกล้วยพบว่ามีร้อยละคาร์บอนคงตัว 39.67 ซึ่งสอดคล้องกับค่าความร้อนในตารางที่ 1 ตามค่าคาร์บอนคงตัว ค่าความชื้นของถ่านผลไม้ ถ่านสับปะรด ถ่านข้าวโพดและถ่านเปลือกทุเรียน มีค่าร้อยละความชื้น

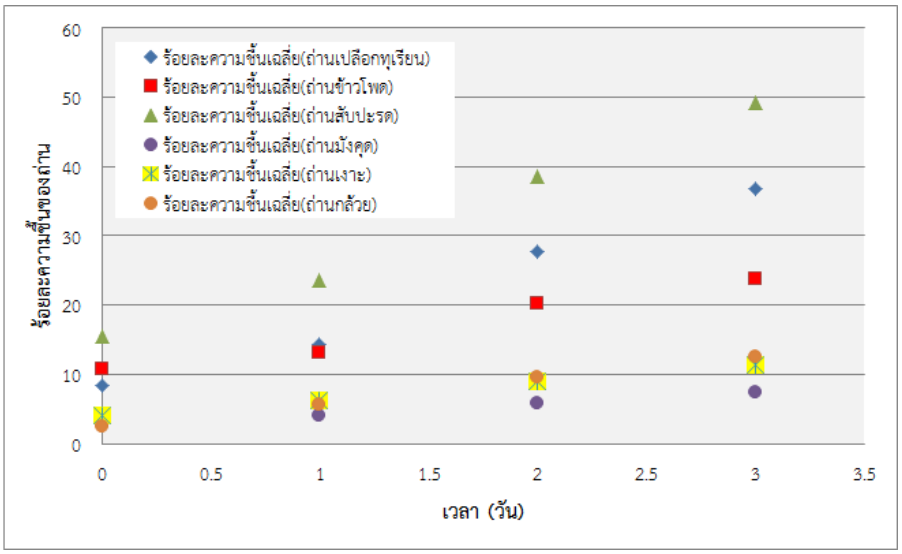
ไม่อยู่ในเกณฑ์ คือ เกินกว่าร้อยละ 8 และค่าดัชนีแตกร่วนอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้คืออยู่ในช่วง 0.5 - 1 เหมาะสมนำไปใช้งานสามารถขนส่งได้สะดวกไม่แตกหักง่าย

การหาค่าอัตราการดูดซับความชื้นของถ่านผลไม้ ถูกศึกษาจากตู้ควบคุม (ตู้กระจกปิด ที่กำหนดให้มีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 92 %) อัตราการดูดซับความชื้นของถ่านผลไม้แต่ละชนิด จะคำนวณจากความชันของกราฟเส้นแนวโน้มของร้อยละความชื้นที่ถ่านผลไม้ดูดซับความชื้นในแต่ละวันโดยทำการศึกษา 3 วัน โดยทำการหาค่ามวลของถ่านที่เพิ่มขึ้นในแต่ละวันจากการดูดซับไอน้ำในตู้กระจก จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าความชื้นในแต่ละวัน แสดงในตารางที่ 2 และแนวโน้มการดูดซับความชื้นของถ่านแต่ละชนิดแสดงในภาพที่ 4

ตารางที่ 2 แสดงร้อยละความชื้นของถ่านผลไม้แต่ละชนิดในแต่ละวัน

เวลา	ร้อยละความชื้นเฉลี่ยของถ่านผลไม้แต่ละชนิด					
(วัน)	เปลือกทุเรียน	ข้าวโพด	สับปะรด	มังคุด	เงาะ	กล้วย
เริ่มต้น	8.31±1.26	10.51±0.54	15.47±2.36	2.85±0.40	4.02±0.57	2.57±0.54
1	14.35±1.84	13.31±1.33	23.62±2.58	4.06±0.38	6.14±0.65	5.61±0.41
2	27.67±1.77	20.15±0.90	38.5±1.50	5.91±0.52	8.96±0.84	9.52±0.96
3	36.73±0.36	23.71±0.63	49.22±1.07	7.41±0.53	11.29±0.92	12.58±1.00

หมายเหตุ ค่าในตารางคือ ค่าเฉลี่ย±ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน



ภาพที่ 5 ผลิตภัณฑ์ก่อนการเผาและหลังการเผา

จากภาพที่ 4 สมการเส้นแนวโน้มแสดงการดูดซับไอน้ำภายในตู้ควบคุม โดยทำการศึกษาเป็นเวลา 3 วัน

สมการเส้นแนวโน้มการดูดซับความชื้นของถ่านสับปะรด ดังนี้ $y = 11.613x + 14.283$ $R^2 = 0.9889$

สมการเส้นแนวโน้มการดูดซับความชื้นของถ่านเปลือกทุเรียนดังนี้ $y = 9.858x + 6.978$ $R^2 = 0.9819$

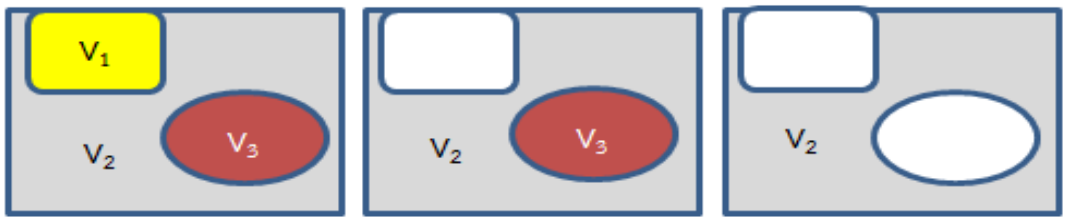
สมการเส้นแนวโน้มการดูดซับความชื้นของถ่านข้าวโพด ดังนี้ $y = 4.644x + 9.954$ $R^2 = 0.9745$

สมการเส้นแนวโน้มการดูดซับความชื้นของถ่านกล้วย ดังนี้ $y = 3.394x + 2.479$ $R^2 = 0.9974$

สมการเส้นแนวโน้มการดูดซับความชื้นของถ่านเงาะ ดังนี้ $y = 2.463x + 3.908$ $R^2 = 0.9973$

สมการเส้นแนวโน้มการดูดซับความชื้นของถ่านมังคุด ดังนี้ $y = 1.553x + 2.728$ $R^2 = 0.9942$

จากสมการถ่านสับปะรดมีอัตราการดูดซับความชื้นสูงที่สุด คือ ร้อยละ 11.613 ต่อวัน รองลงไปคือถ่านเปลือกทุเรียนมีอัตราการดูดซับความชื้น คือ ร้อยละ 9.858 ต่อวันและถ่านข้าวโพดมีอัตราการดูดซับความชื้น คือ ร้อยละ 4.602 ต่อวัน จากอัตราการดูดซับความชื้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dias Júnior et al. (2016) พบว่าความสามารถในการดูดความชื้นของถ่านอยู่ในช่วง ร้อยละ 4 ถึง ร้อยละ 16 ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของการกลายเป็นถ่าน ที่อุณหภูมิประมาณ 250 องศาเซลเซียสจะอยู่ที่เฉลี่ยประมาณ ร้อยละ 7 และสังเกตเห็นว่าการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นจะช่วยลดจำนวนของรูพรุน ทำให้ลดความสามารถในการดูดความชื้นของถ่าน ถ่านที่มีความพรุนที่สูงกว่า พื้นที่ผิวของถ่านจะมีโอกาสสัมผัสกับโมเลกุลของน้ำมากขึ้น ก็เพิ่มโอกาสการดูดซับมากขึ้น แต่การที่มีความพรุนที่สูงก็อาจจะไม่มีความสามารถที่ดีในการดูดซับความชื้นก็ได้ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องอีกปัจจัยคือเส้นผ่าศูนย์กลางของรูพรุน เช่น รูพรุนที่มีขนาดไมโคร อาจจะเกิดปรากฏการณ์แคปปิลารี่ (Capillarity) ขึ้น ทำให้ความสามารถในกาดูดซับได้น้อยลง เช่น ถ่านกล้วย พิจารณาปริมาณที่ส่งผลต่อความหนาแน่นของถ่านผลไม้ ในกรณีที่ถ่านมีมวลเท่ากัน ก็คือปริมาตร สัดส่วนของปริมาตรต่างๆที่เกี่ยวข้อง แสดงในภาพที่ 5



(ก) ปริมาตรรวม รวมปริมาตรเนื้อสารและรูพรุนปิดและรูพรุนเปิด

(ข) ปริมาตรปรากฏ รวมปริมาตรสารเนื้อและรูพรุนปิด

(ค) ปริมาตรจริง เฉพาะปริมาตรเนื้อสาร

ภาพที่ 6 สัดส่วนของปริมาตรแบบต่างๆ

ตารางที่ 3 แสดงสัดส่วนของปริมาตรต่อมวลของถ่านชนิดต่าง ๆ

ชนิดของถ่าน	ปริมาตรของรูพรุนเปิดต่อมวลถ่าน (cm^3/g)	ปริมาตรของรูพรุนปิดและปริมาตรเนื้อสารต่อมวลของถ่าน (cm^3/g)
ถ่านสับปะรด	2.44±0.16	4.23±0.92
ถ่านเปลือกทุเรียน	1.61±0.17	2.40±0.08
ถ่านข้าวโพด	1.85±0.04	2.46±0.10
ถ่านกล้วย	1.45±0.08	1.49±0.07
ถ่านเงาะ	1.12±0.10	2.66±0.13
ถ่านมังคุด	0.70±0.10	1.76±0.02

จากตารางที่ 3 พิจารณาปริมาตรของรูพรุนเปิดและรูพรุนปิดของถ่านผลไม้ชนิดต่างๆ ซึ่งถูกใช้เป็นที่เก็บกักความชื้น พบว่า ถ่านจากสับปะรดน่ามีปริมาตรรูพรุนเปิดและรูพรุนปิดมากที่สุดสอดคล้องกับค่าอัตราการดูดซับความชื้น รองลงมาเป็นถ่านเปลือกทุเรียนและถ่านข้าวโพดซึ่งมีค่าสมบัติทางกายภาพ และรูพรุนที่ใกล้เคียงกัน แต่ถ่านเปลือกทุเรียนมีอัตราการดูดซับความชื้นที่สูงกว่าถ่านข้าวโพด อาจเนื่องมาจากถ่านเปลือกทุเรียนมีปริมาตรของรูพรุนเปิดที่น้อยกว่าเมื่อมีการดูดซับไอน้ำมาแล้วก็จะมีอัตราการคายน้ำที่ต่ำกว่าถ่านจากข้าวโพดที่มีปริมาตรพรุนเปิดมากกว่า

สรุป

จากการดำเนินการ ทดลองผลิตถ่านจากผลไม้ จำนวน 6 ชนิด คือ ถ่านสับปะรด ถ่านเปลือกทุเรียน ถ่านข้าวโพด ถ่านกล้วย ถ่านมังคุดและถ่านเงาะ พบว่าวัตถุดิบแต่ละชนิดมีช่วงของอุณหภูมิในการกลายเป็นถ่าน (Carbonization) ที่แตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้ พบว่าวัตถุดิบที่ใช้อุณหภูมิสูงที่สุดในการเปลี่ยนให้เป็นถ่านคือ ข้าวโพด รองลงไปคือเงาะและสับปะรด และในการศึกษาสมบัติทางกายภาพในเชิงถ่านเชื้อเพลิง พบถ่านที่ค่าความร้อนสูงสุดคือ ถ่านข้าวโพด รองลงไปถือถ่านสับปะรดและถ่านจากเปลือกทุเรียนตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณคาร์บอนคงตัวในวัตถุดิบและถ่านทุกชนิดมีค่าความร้อนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 238/2547 ค่าความชื้นของถ่านอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือไม่เกินร้อยละแปด 3 ชนิดคือ ถ่านเงาะ ถ่านมังคุด และถ่านกล้วย และมีค่าดัชนีแตกร่วนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และในการหาสมบัติในการดูดซับความชื้นของถ่านผลไม้ชนิดต่างๆ พบว่า ถ่านมีร้อยละความพรุนปรากฏในช่วง ร้อยละ 27 ถึงร้อยละ 50 โดยถ่านสับปะรดมีปริมาตรรูพรุนเปิดและรูพรุนปิดมากที่สุดและมีอัตราการดูดซับความชื้นมากที่สุด คือ ร้อยละ 11.613 ต่อวันและถ่านจากมังคุดมีมีอัตรา

การดูดซับความชื้นน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 1.553 ต่อวัน และสอดคล้องกับผลการหาปริมาตรของรูพรุนปิดและรูพรุนเปิดของถ่านตัวอย่าง

ข้อเสนอแนะ

ในกระบวนการผลิตถ่านผลไม้ที่ได้ทำนั้น เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นถ่านประดับเพื่อดูดความชื้นในบริเวณที่ต้องการ ถ้าต้องการพัฒนาเป็นถ่านดูดกลิ่นหรือดูดสารพิษ (ถ่านกัมมันต์) ต้องมีพัฒนากระบวนการเผาหรือกระตุ้นให้เป็นถ่านกัมมันต์ และจะต้องตรวจสอบผลทางวิทยาศาสตร์ เช่น ค่าไอโอดีน พื้นที่ผิวจำเพาะและรูและโครงสร้างอสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด เป็นต้น เพื่อให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพตามเกณฑ์ มผช. 180/2560 และอาจพัฒนาเป็นวัสดุดูดความชื้นประกอบอาคาร สำนักงาน สำหรับการพัฒนางานด้านพลังงาน (Yu et al., 2019)

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณแก่ ศูนย์วิทยาศาสตร์ และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ได้สนับสนุนและให้ความช่วยเหลือในการทำงานจนกระทั่งงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

จรูญ เก่งเขตรวิทย์, ดลฤดี ใจสุทธิ์, รติยา ธุวพาณิชยานันท์, สุดสายสิน แก้วเรือง, และประสาน สถิตเรืองศักดิ์. (2014). การศึกษาผลของอุณหภูมิช่วงการเผาไหม้ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและค่าไอโอดีนในถ่านมังคุดดูดกลิ่น. **Agricultural Sci. J.,** 45(2), 333-336.

จันทร์เพ็ญ ชุมแสง, และพิทักษ์ อุปัญญ์. (2562). **รายงานการวิจัยการจัดการความรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตถ่านดูดกลิ่น 3 In 1 จากวัสดุเหลือทิ้งตาลโตนดเพื่อการส่งเสริมอาชีพและยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน.** กรุงเทพฯ: สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ.

วันโชค เครือหงษ์, โสภณ สังข์แป้น, ประภิต สิทธิ์คณารักษ์, และจีระศักดิ์ วิลัยรัตน์. (2559). สมบัติทางกลโครงสร้างจุลภาคและการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าลอย. **วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.,** 39(3), 407-423.

ศุภกร เชื้ออ่ำ, ศิรินทร ทองแสง, และแววบุญ แย้มแสงสังข์. 2561. **สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากซังข้าวโพดและกากตะกอนน้ำเสียจากอุตสาหกรรมพลาสติก**. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติครั้งที่ 19 (หน้า 146-154), 9 มีนาคม พ.ศ. 2561 ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น.

สุวดี จางอิสระกุล, อับดุลลาตีฟ ดอรอแม, อาริษา เรืองมี, และชญานุช แสงวิเชียร. 2552. **ชีวมวลทางเลือกใหม่สำหรับพลังงานทดแทนโดยเปลือกลูกยางและหญ้าแฝก.** การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 5, 29 เมษายน – 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2552 ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก.

Asim, M., Abdan, K., Jawaid, M., Nasir M., Dashtizadeh, Z., Ishak, M.R. & Hoque, M.E. (2015). A review on pineapple leaves fibre and its composites. **International Journal of Polymer Science**, 2015, Article ID 950567. http://dx.doi.org/10.1155/2015/950567

Dias Júnior, A.F., Pirola, L.P., Takeshita, S., Lana, A.Q., Brito, J.O. & Andrade, A.M. (2016). Higroscopicity of charcoal produced in different temperatures. **CERNE**, 22(4), 423-430.

Mukti, N.I.F., Prasetyo, I., Mindaryani, A. & Septarini, S. (2018). Preparation of porous carbon as ethylene adsorbent by pyrolysis of extraction waste mangosteen rinds. **MATEC Web of Conferences,** 154**,** 01032. https://doi.org/10.1051/matecconf/201815401032

Mullen, C.A., Boateng A.A., Goldberg, N.M., Lima, I.M., Laird, D.A. & Hicks, K.B. (2010). Bio-oil and bio-char production from corn cobs and stover by fast pyrolysis. **BIOMASS AND BIOENERGY**, 34, 67 – 74.

Nuithitikul, K., Srikun, S. & Hirunpraditkoon, S. (2015). Synthesis of activated carbons from durian peel and their adsorption performance for lead ions in aqueous Solutions. **ATINER'S Conference Paper Series**, No: ENV2015-1670. Athens:Greece.

Rosal, A., Rodríguez, A., González, Z. & Jiménez, L. (2012). Use of banana tree residues as pulp for paper and combustible. **International Journal of Physical Sciences**, 7(15), 2406 – 2413. doi: 10.5897/IJPS11.1661

Takolpuckdee P. (2014). Transformation of agricultural market waste disposal to biochar soil amendments. **Procedia Environmental Sciences**, 20, 64 – 70.

Yu, S., Cui, Y., Shao, Y. & Han, F. (2019). Research on the comprehensive performance of hygroscopic materials in an office building based on energyplus. **Energies**, 12(191). doi:10.3390/en12010191