คุณภาพด้านพลังงานของไม้ไผ่กิมซุ่ง (*Bambusa beecheyana*) ที่อายุการเติบโตต่างกัน

The Energy Quality of Kim Sung Bamboo (*Bambusa beecheyana*) at Different Growing Ages

สิริณ บุนนาค* และธัญพิสิษฐ์ พวงจิก

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

สุภกร บุญยืน

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Sirin Bunnag* and Thanpisit Phuangchik

Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Supakorn Boonyuen

Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Received: October 26, 2018; Accepted: December 7, 2018

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาหาคุณภาพด้านพลังงานที่เหมาะสมของไม้ไผ่กิมซุ่งในช่วงอายุ 6, 9, 12, 15, 18 และ 24 เดือน โดยนำไม้ไผ่กิมซุ่งส่วนหนึ่งไปผ่านกระบวนการคาร์บอนไนเซชันให้ได้ถ่านที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วบดให้ละเอียดจนเป็นผง ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและทางเคมี รวมถึงวิเคราะห์หาค่าความร้อนของถ่านแต่ละช่วงอายุ ความสามารถในการดูดซับเมทิลีนบลูและการดูดซับไอโอดีน ปริมาณเถ้า ปริมาณซัลเฟอร์ การศึกษารูพรุนโดยใช้เครื่อง SEM และทดสอบหาค่าการดูดความชื้นของไม้ไผ่กิมซุ่ง ผลการทดสอบพบว่าค่าพลังงานความร้อนที่ดีที่สุดเฉลี่ย 3,555.27 cal/g คือ ไผ่กิมซุ่งที่อายุ 9 เดือน ค่าการดูดซับไอโอดีนดีที่สุดที่ 2,315.025 mg/g คือไผ่กิมซุ่งที่อายุ 6 เดือน ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูที่เหมาะสมเฉลี่ย 98.30 % คือ ไผ่กิมซุ่งที่อายุ 24 เดือน ปริมาณเถ้าที่เหมาะสมเฉลี่ย 10.82 % และปริมาณซัลเฟอร์มากที่สุดเฉลี่ย 0.82 % คือ ไผ่กิมซุ่งที่อายุ 15 เดือน ส่วนการศึกษารูพรุนโดยใช้เครื่อง SEM พบว่าที่ไผ่กิมซุ่งอายุ 18 เดือน มีขนาดรูพรุนใหญ่ที่สุด คือ 20 μm สำหรับผลการทดสอบการวัดค่าการดูดความชื้นพบว่าอายุของไม้ไผ่กิมซุ่งไม่มีผลต่อการดูดความชื้น

คำสำคัญ : ไผ่กิมซุ่ง; ถ่าน; ค่าความร้อน

**Corresponding author: sirin_b_123@hotmail.com*

Abstract

The purpose of this research was to study the energy quality of Kim Sung bamboo at different ages ranging from 6, 9, 12, 15, 18 and 24 months. Each part of samples was carbonized by heating at 500 ˚C for 2 hours before grinding to fine powders. The physical and chemical properties, including thermal analysis, iodine and methylene blue absorption capacities, ash and sulfur contents, study of pore size by SEM and moisture content, were determined. The results showed that the optimal heat capacity with the best value of 3,555.27 cal/g was found in the 9-month-sample. The maximum iodine absorption (2,315.025 mg/g) was shown in the 6-month-sample, while maximum methylene blue absorption (98.30 %) was in the-24-month-sample. The 15-month-bamboo gave the highest ash (10.82 %) with sulfur content of 0.82 %. The study of charcoal pore size by SEM found the biggest pore with 20 μm for the bamboo aged of 18 months. The results showed no effect of aging to moisture content.

Keywords: Kim Sung bamboo, charcoal, heat value

1. คำนำ

ปี พ.ศ. 2557 ประเทศไทยมีการใช้ไฟฟ้า 168,620 กิกะวัตต์ชั่วโมง ซึ่งนับเป็นอันดับที่ 24 ของโลก และมีการใช้เพิ่มขึ้นต่อเนื่องเฉลี่ยขยายตัวปีละ 4-5 เปอร์เซ็นต์ ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา โดยเติบโตควบคู่ไปกับเศรษฐกิจไทย เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนและดำเนินกิจกรรมทางเศรษฐกิจในภาคต่าง ๆ และยังมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตของประชาชนด้วยเช่นกัน ในแง่ของการผลิตเชื้อเพลิงหลักในการผลิตไฟฟ้าของไทย คือ ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และน้ำมัน (67, 20 และ 7 เปอร์เซ็นต์ ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด ตามลำดับ) ในขณะที่พลังงานทดแทนยังมีสัดส่วนน้อยเพียง 2 เปอร์เซ็นต์ จากการประมาณการในปี พ.ศ. 2579 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตจากก๊าซธรรมชาติยังคงอยู่ในระดับใกล้เคียงกับปัจจุบัน (ภัทรภรณ์ และสิงหพันธุ์, 2558) ดังนั้น เรื่องของพลังงานทดแทนหรือพลังงานสะอาด ได้แก่ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานชีวมวล เป็นต้น จึงได้มีการสนใจศึกษาอย่างต่อเนื่อง

ไผ่ซึ่งเป็นพืชตระกูลหญ้าที่มีขนาดลำต้นใหญ่โต ให้น้ำหนักชีวมวลต่อไร่ในระยะเวลาที่เท่ากันสูงกว่าพืชพลังงานชนิดอื่น และเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ไผ่ยังสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมเกือบทุกพื้นที่ของประเทศไทยเป็นอย่างดี ไผ่เกือบทุกชนิดเป็นพืชชีวมวลที่มีศักยภาพผลิตพลังงานทดแทนจากทุกส่วน ซึ่งชีวมวลจากไผ่ 2 ตันสด เมื่อนำไปบด ปั่น และอบแห้งจะได้ชีวมวลแห้ง 1 ตัน ใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อกลั่นน้ำมันดีเซลได้ 120 แกลลอน ใช้เติมรถยนต์หรือผลิตก๊าซชีวภาพได้ 500-600 ลิตร หรือผลิตถ่านกัมมันต์ได้ 250 กิโลกรัม (ธัญพิสิษฐ์, 2557) ไผ่กิมซุ่งเป็นไผ่ที่เริ่มให้ผลผลิตเมื่ออายุได้ 7 เดือนหลังปลูก หน่อไม่มีขน ไม่มีหนาม ให้หน่อดก มีเปลือกบาง เนื้อหนา น้ำหนักดี รสหวานกรอบ รับประทานอร่อยไม่มีเสี้ยนและให้หน่อได้ตลอดทั้งปี นอกจากนี้ยังเป็นไผ่ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรมได้หลายอย่างเนื่องจากลำไผ่มีเนื้อหนา ให้เนื้อไม้ปริมาณมาก เหมาะในการนำไปเผาทำเป็นถ่าน ใช้ประโยชน์ด้านการดูดกลิ่น หรือนำไปทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ได้หลากหลายชนิด ใช้ใน

อุตสาหกรรม ทำตะเกียบ ไม้จิ้มฟัน และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี (ศูนย์ศึกษาและพัฒนาวนศาสตร์ชุมชนที่ 4, 2561)

ปัจจัยที่มีผลต่อค่าพลังงานความร้อนของพืชชีวมวลประกอบด้วยชนิด ขนาด ความชื้น และอายุ เป็นต้น จากรายงานการศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการใช้ไผ่ 4 ชนิด คือ ไผ่ตงดำ ไผ่หวานอ่างขาง ไผ่หยก และไผ่มากินอย เพื่อเป็นถ่านกัมมันต์ โดยเผาถ่านเตาเผาถ่านที่พัฒนาจากถังน้ำมัน 200 ลิตร 3 ประเภท คือ เตา KP1 เตา KP2 และเตา Nikome ผลจากการวิเคราะห์แบบการประมาณค่า (approximate analysis) สำหรับค่าเปอร์เซ็นต์ขี้เถ้า (% Ash) พบว่าชนิดไม้ไผ่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ขี้เถ้าของถ่านไม้ไผ่ที่ได้ โดยไม้ไผ่ตงดำให้ค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดอยู่ที่ 4.74 เปอร์เซ็นต์ และค่าความร้อน (calorific value) ของถ่านไม้ที่ได้จากไผ่ตงดำมีค่าสูงกว่าถ่านไม้ไผ่มากินอยอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7,402.04 และ 7,105.80 แคลอรี่/กรัม ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุ (ultimate analysis) ของธาตุซัลเฟอร์ (% S) พบว่าชนิดไม้ไผ่และเตาที่ใช้มีผลต่อค่าซัลเฟอร์ของถ่านไม้ไผ่ทั้งสองชนิดที่ได้ คือ ไผ่ตงดำและไผ่มากินอย โดยถ่านไม้ไผ่ตงดำจากเตา KP2 ให้ปริมาณธาตุซัลเฟอร์ต่ำ โดยอยู่ที่ 0.33 เปอร์เซ็นต์ (กิตติธัช และคณะ, 2016.) อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานการศึกษาอายุของไผ่ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพด้านพลังงานของไผ่กิมซุ่งที่อายุต่างกัน

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) จำนวน 6 สิ่งทดลอง สิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้ (1) ทรีตเมนต์ที่ 1 ไผ่กิมซุ่งที่มีอายุ 6 เดือน (2) ทรีตเมนต์ที่ 2 ไผ่กิมซุ่งที่มีอายุ 9 เดือน 9 (3) ทรีตเมนต์ที่ 3 ไผ่กิมซุ่งที่มีอายุ 12 เดือน (4) ทรีตเมนต์ที่ 4 ไผ่กิมซุ่งที่มีอายุ 15 เดือน (5) ทรีตเมนต์ที่ 5 ไผ่กิมซุ่งที่มีอายุ 18 เดือน และ (6) ทรีตเมนต์ที่ 6 ไผ่กิมซุ่งที่มีอายุ 24 เดือน

2.2 การเตรียมตัวอย่าง

นำลำไม้ไผ่ที่ตัดจากไผ่อายุต่าง ๆ โดยแต่ละซ้ำตัดจากไผ่ที่มีอายุเท่ากัน แต่ต่างกอ นำลำไผ่ขนาด 1 กิโลกรัม ตามสิ่งทดลองที่กำหนด นำมาเข้าเครื่องไสไม้ไผ่ จากนั้นจะได้แผ่นไม้ไผ่ขนาด 2.5 x 1.5 เซนติเมตร เมื่อได้ไม้ไผ่ไสมาแล้วนำไปลดความชื้นโดยการตากทิ้งไว้ในที่ล่ม 3-4 วัน ให้มีความชื้นเหลือประมาณ 12-14 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำไปเก็บไว้ในภาชนะแห้งที่ปิดสนิท

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพด้านพลังงาน

2.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณการดูดความชื้น ดัดแปลงจาก AOAC (2000) ดังนี้ (1) อบถ้วยกระเบื้องเคลือบในตู้อบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ทำให้เย็นในเดสซิเคเตอร์ นำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (2) ชั่งตัวอย่าง 5-6 กรัม ใส่ลงในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่อบแห้ง และบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (3) นำถ้วยกระเบื้องเคลือบที่บรรจุตัวอย่างเข้าอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง นำเอามาใส่ในเดสซิเคเตอร์ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องนำไปชั่งน้ำหนัก อบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักคงที่แตกต่างกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัม จดบันทึกน้ำหนักที่ได้ (4) นำตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแล้ว มาใส่ในภาชนะที่ปิดสนิทที่มีแก้วน้ำวางไว้ทั้ง 4 มุมของภาชนะ และมีไฮโกรมิเตอร์อยู่ภายในภาชนะ และ (5) วัดความชื้นทุก 12 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วัน

2.3.2 การเตรียมถ่าน

นำตัวอย่างใส่ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible) 5 กรัมแล้วปิดฝาถ้วย ไปเผา

ด้วยเตาเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำเอาตัวอย่างมาใส่ในเดสซิเคเตอร์ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำตัวอย่างมาบดให้ละเอียดและกรองผ่านตะแกรงเพื่อคัดกรองถ่านที่มีขนาดเล็กประมาณ 1 มิลลิเมตร

(1) วัดค่าความร้อนตามวิธีมาตรฐาน ASTM D5865-10a วิเคราะห์ด้วยเครื่อง adiabatic oxygen bomb calorimeter ดังนี้ (1) ใส่ตัวอย่างลงในเครื่องบอมบ์ (2) เครื่องบอมบ์จะคำนวณผลหลังจากทำงานเสร็จ (3) นำน้ำกลั่นผสม methyl orange มาล้างภายในตัวบอมบ์ สังเกตสีที่เกิดขึ้นจะเกิดเป็นสีชมพู ล้างจนกว่าน้ำจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และ (4) เก็บน้ำล้างไว้เพื่อนำไปทดสอบปริมาณธาตุซัลเฟอร์ โดยนำน้ำล้างที่ได้ไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) บันทึกปริมาณสารละลายที่ใช้ไป

(2) วิเคราะห์ปริมาณธาตุซัลเฟอร์ โดยทดสอบปริมาณธาตุซัลเฟอร์ด้วยวิธีอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D 3177 ดังนี้ (1) เมื่อได้น้ำล้างที่ได้จากการไทเทรตมาแล้ว นำมาปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วง 5.5-7.0 ด้วยสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (2) ต้มแล้วกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ Whatman® No. 1 ขณะร้อน ล้างกระดาษกรองด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้ง จากนั้นทำให้เป็นกรดด้วยการเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 มิลลิลิตร โดยสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีแดง (3) ต้มสารละลายให้เดือด ค่อย ๆ เติมสารละลายแบเรียมคลอด์ ($BaCl_2$) 10 มิลลิลิตร จากนั้นต้มต่อไปอีก 15 นาที และตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 2 ชั่วโมง หรืออาจตั้งทิ้งไว้ข้ามคืน (4) กรองสารละลายผ่านกระดาษกรองเบอร์ Whatman® No. 42 ล้างด้วยน้ำร้อนจนกว่าจะไม่เห็นสีของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต ($AgNO_3$) เมื่อเติมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตลงไป 8-10 มิลลิลิตร และ (5) นำตะกอนที่กรองได้ใส่ในถ้วยครูซิเบิลที่ทราบน้ำหนักแล้ว นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 104-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 800±50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ ทิ้งไว้ให้เย็นในเดสซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักที่ได้ คำนวณหาค่าปริมาณซัลเฟอร์

(3) วิเคราะห์ปริมาณเถ้า โดยทดสอบปริมาณเถ้าด้วยวิธีอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D 3174-02 ดังนี้ (1) นำตัวอย่าง 1 กรัม ใส่ในถ้วยครูซิเบิลที่ทราบน้ำหนักแล้ว (2) นำไปเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง (3) นำไปไว้ในเดสซิเคเตอร์ทิ้งไว้ให้เย็น (4) ชั่งน้ำหนักที่ได้ และคำนวณหาปริมาณเถ้า

(4) การวิเคราะห์ปริมาณการดูดซับเมทิลีนบลู ดังนี้ (1) นำตัวอย่าง 0.5 กรัมใส่ลงในบีกเกอร์ (2) นำสารละลายเมทิลีนบลูที่มีความเข้มข้น 6 ppm ใส่ลงในบีกเกอร์ที่มีตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร (3) นำไปเข้าเครื่องเขย่าเป็นเวลา 30 นาที 150 rpm และ (4) กรองถ่านด้วยกระดาษกรอง เ Whatman® No. 1 นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่า UV-visible spectrometer ที่ความยาวคลื่น 668

(5) การวิเคราะห์ปริมาณการดูดซับไอโอดีนนัมเบอร์ โดยทดสอบปริมาณการดูดซับไอโอดีนนัมเบอร์ด้วยวิธีอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D 4607-94 ดังนี้ (1) นำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (2) ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัมและบันทึกน้ำหนักตัวอย่าง ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีฝาปิด (3) เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 10 มิลลิลิตร ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก แกว่งเบา ๆ เพื่อให้ถ่านชุ่มเต็มที่ จากนั้นนำต้มในตู้ดูดไอสารเคมีเป็นเวลา 30±2 วินาที เพื่อกำจัดซัลเฟอร์ และนำมาทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (4) เติมสารละลายไอโอดีน 100 มิลลิลิตร ความเข้มข้น 0.10 นอร์มอล จากนั้นปิดฝาและเขย่าอย่างแรงเป็นเวลา 30±1 วินาที (5) กรองผ่านกระดาษกรอง

Whatman® No. 2V อย่างรวดเร็ว น้ำที่ได้จากการกรองในช่วงแรกประมาณ 20-30 มิลลิลิตร จะไม่นำมาใช้ (6) ปิเปตสารละลาย 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร และ (7) ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ความเข้มข้น 0.10 นอร์มอล จนกระทั่งได้สารละลายสีเหลือง จากนั้นเติมน้ำแป้ง 2 มิลลิลิตร ไทเทรตต่อจนได้สารละลายใส จากนั้นคำนวณการดูดซับไอโอดีน

(6) การศึกษาภาพพื้นผิวถ่านด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเพื่อวิเคราะห์จำนวนรูพรุนและขนาดของถ่าน

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 การดูดความชื้นของถ่านไม้ไผ่

การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณการดูดความชื้นของไผ่ในช่วงอายุต่าง ๆ พบว่าในแต่ละช่วงอายุของไผ่กิมซุ่งมีประสิทธิภาพในการดูดความชื้นไม่แตกต่างกันในช่วงเวลาเดียวกัน (ตารางที่ 1)

3.2 ค่าความร้อนของถ่านไม้ไผ่

ตารางที่ 1 ค่าวิเคราะห์ความร้อน การดูดซับ และองค์ประกอบแบบประมาณของถ่านไผ่กิมซุ่งในช่วงอายุต่าง ๆ

อายุของไผ่ (เดือน)	ความร้อน (cal/g)	ไอโอดีนนัมเบอร์ (mg/g)	Methylene blue %	องค์ประกอบแบบประมาณร้อยละโดยน้ำหนัก	
				เถ้า %	ซัลเฟอร์ %
6	2,894.40±456.86^{ab}	2,315.025±82.29^{a}	97.21±0.08^{cd}	13.2132±046	0.1077±0.04^{c}
9	3,555.27±842.08^{a}	1,942.736±30.20^{b}	96.99±0.32^{d}	14.4196±2.25	0.1353±0.02^{c}
12	3,406.58±923.05^{ab}	1,755.785±29.47^{c}	97.79±0.41ab^{c}	12.8251±4.14	0.0521±0.03^{c}
15	2,817.85±75.23^{ab}	1,601.394±16.97^{d}	97.68±0.36b^{c}	10.8201±0.96	0.8201±0.48^{a}
18	3,092.08±152.45^{ab}	1,531.473±18.64^{de}	98.01±0.41^{ab}	13.0481±3.56	0.6892±0.39^{ab}
24	2,355.8±307.17^{b}	1,486.791±17.84^{e}	98.30±0.04^{a}	15.468±1.52	0.2631±0.23^{bc}
% CV	19.18	2.25	0.31	18.07	20.98
t-test	*	**	*	ns	**

*,** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และ ($p < 0.01$) ตามลำดับ; ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ; ^{a,b,c} = ตัวอักษรแตกต่างกันในแนวคอลัมน์บอกความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ทางสถิติค่าความร้อนของถ่านไม้ไผ่ที่ช่วงอายุต่าง ๆ พบว่าค่าความร้อนของไผ่ในแต่ละช่วงอายุมีความความร้อนอยู่ในระดับที่สูง (2,300-3,600 cal/g) แต่ค่าความร้อนของไผ่ที่อายุ 9 เดือน ให้ปริมาณความร้อนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งต่างจากถ่านที่มีอายุ 24 เดือน โดยค่าความร้อนที่ต่างกันนี้อาจเนื่องมาจากส่วนประกอบภายในเนื้อไม้ของไม้ไผ่ ไม้ไผ่มีเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ซึ่งรวมกันเรียกว่าโฮโลเซลลูโลส (holocellulose) เป็นองค์ประกอบอยู่ 61-71 % มีเพนโทแซน (pentosan) เป็นองค์ประกอบ 16-21 % และมีลิกนิกเป็นองค์ประกอบ (lignin) 20-30 % (เกรียงไกร, 2543) องค์ประกอบเหล่านี้ให้ค่าความร้อนที่แตกต่างกันไป ค่าความร้อนที่ได้มีความแตกต่างกันตามอายุของการปลูก เมื่อพิจารณาการเลือกช่วงอายุไผ่ที่ให้ค่าความร้อนที่เหมาะสมนั้นพิจารณา

ทางค่าสถิติสามารถเลือกตัดไผ่ตั้งแต่อายุ 6 เดือน แต่หากรออีกเพียง 3 เดือน ไผ่กิมซุ่งก็จะสามารถแสดงค่าความร้อนที่มีความสูงกว่ายิ่งขึ้น (3,555.27 cal/g) อย่างไรก็ตาม ค่าความร้อนที่ได้มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน โดยวัดจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุนชน ถ่านไม้หุงต้ม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) (มผช. 657/2547) ค่าความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 6,000 cal/g (ตารางที่ 1)

3.3 ปริมาณซัลเฟอร์ของถ่านไม้ไผ่

การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณซัลเฟอร์ของถ่านไม้ไผ่ที่ช่วงอายุต่าง ๆ พบว่าปริมาณซัลเฟอร์ที่ไผ่ช่วงอายุ 6, 9, 12 และ 24 เดือน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับไผ่ช่วงอายุ 15 และ 18 เดือน (0.6892-0.8201 %) เมื่อพิจารณาจากค่าสถิติแล้วพบว่าที่ไผ่อายุ 6, 9, 12 และ 24 มีปริมาณซัลเฟอร์อยู่ในปริมาณที่น้อยกว่าไผ่อายุ 15 และ 18 เดือน ซึ่งปริมาณซัลเฟอร์ที่ได้จะมีปริมาณแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเตาและขึ้นอยู่กับองค์ประกอบภายในไผ่ธาตุซัลเฟอร์จะช่วยในการสังเคราะห์กรดอะมิโนซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการสร้างโปรตีน พืชแต่ละชนิดหรือแต่ละระยะการเจริญเติบโตจะต้องการปริมาณโปรตีนในพืชไม่เท่ากัน เมื่อไผ่มีระยะการปลูกเพิ่มมากขึ้นอาจต้องการปริมาณโปรตีนเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณซัลเฟอร์มีมากในไผ่ที่มีระยะปลูกมาก (Jumsunan, 2009) โดยปริมาณซัลเฟอร์ที่ได้สอดคล้องกับรายงานของกิตติธัช และคณะ (2016) ที่พบว่ามีปริมาณซัลเฟอร์ในไผ่ตงดำ ไผ่มากินอย ไผ่หวานอ่างขาง และไผ่หยก ปริมาณร้อยละ 0.19-0.49 (ตารางที่ 1)

3.4 คุณภาพถ่านไม้ไผ่ทางเคมีและทางกายภาพ

3.4.1 ปริมาณเถ้า การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณเถ้าของถ่านไม้ไผ่ที่ช่วงอายุต่าง ๆ พบว่าปริมาณเถ้าของไม้ไผ่แต่ละช่วงอายุ ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยอยู่ในช่วง 10.8201-15.468 %

3.4.2 ค่าการดูดซับ การวิเคราะห์ทางสถิติค่าการดูดซับของถ่านไม้ไผ่ที่ช่วงอายุต่าง ๆ เมื่อพิจารณาค่าการดูดซับไอโอดีนนัมเบอร์นั้น พบว่าที่ไผ่กิมซุ่งอายุ 6 เดือน มีปริมาณค่าการดูดซับไอโอดีนนัมเบอร์สูงกว่าไผ่กิมซุ่งในช่วงอายุอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าการดูดซับไอโอดีนนัมเบอร์เป็นตัวแทนของสารที่ไม่มีขั้วและมีขนาดเล็ก และเมื่อพิจารณาค่าการดูดซับเมทิลีนบลู พบว่าที่ไผ่อายุ 18 และ 24 เดือน ให้ปริมาณการดูดซับเมทิลีนบลูที่สูง ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูจะเป็นตัวแทนของสารที่มีขั้วและมีขนาดใหญ่ เมื่อพิจารณาจากค่าสถิติที่ไผ่อายุ 6 เดือน มีปริมาณการดูดซับไอโอดีนนัมเบอร์มากกว่าไผ่ช่วงอายุอื่นนั้น เนื่องมาจากไผ่กิมซุ่งที่มีอายุน้อยจะมีปริมาณรูพรุนขนาดเล็กเป็นจำนวนมาก (ที่ไผ่อายุ 6 เดือน จากภาพถ่าย SEM พบว่ามีรูพรุนขนาด 5-10 μm) เมื่อไผ่กิมซุ่งมีอายุเพิ่มมากขึ้นทำให้มีปริมาณรุพรุนที่มีขนาดใหญ่เพิ่มมากขึ้นเป็นผลทำให้สามารถดูดซับเมทิลีนบลูได้ดีเพิ่มมากขึ้น และอาจเนื่องมาจากบริเวณพื้นผิวของถ่านไม้ไผ่กิมซุ่งที่อายุ 6 เดือน มีพื้นผิวที่ไม่มีไอออนอยู่มาก ทำให้สารที่ไม่มีขั้วอย่างไอโอดีนนัมเบอร์สามารถยึดเกาะได้ดีในไผ่ช่วงอายุนี้ เมื่อไผ่มีอายุเพิ่มมากขึ้นพื้นที่ผิวที่มีไอออนก็เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ทำให้ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูที่เป็นตัวแทนของสารมีขั้วสามารถยึดเกาะผิวได้ดีในไผ่ที่มีอายุมากขึ้น

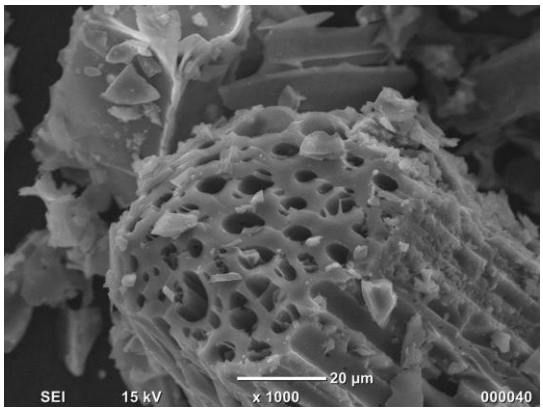
3.4.3 ผลการศึกษาภาพถ่ายของถ่านด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ผลการศึกษาภาพถ่ายของถ่านด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่าที่ไผ่กิมซุ่งอายุน้อยจะมีปริมาณรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมาก ซึ่งมีขนาดประมาณ 5-10 μm แต่เมื่อไผ่กิมซุ่งมีอายุเพิ่มมากขึ้นรุพรุนขนาดเล็กจะมีปริมาณน้อยลงและมีรูพรุนขนาดใหญ่ (15-20 μm)

ปริมาณเพิ่มมากขึ้น (ใช้กำลังขยาย 1,000 เท่า) ความสัมพันธ์ของขนาดรูพรุนจะมีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับของวัสดุ จากข้อมูลข้างต้นพบว่าเมื่อถ่านมีอายุการปลูก 18 เดือน แล้วผ่านการเผาตามสภาวะที่ศึกษาจะให้รูพรุนขนาดใหญ่มาก (20 μm) และเหมาะสมสำหรับการดูดซับสารที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ เช่น เมทิลีนบลู (ค่าการดูดซับ = 98.01 %) และให้ค่าเถ้า (ash) ในปริมาณสูง แต่กรณีถ่านที่ปลูก 6-9 เดือน จะให้รูพรุนที่มีขนาดเล็ก (5-10 μm) ซึ่งเหมาะแก่การดูดซับไอโอดีน กรณีถ่านไผ่อายุ 6 เดือน ให้ค่ารูพรุนขนาดประมาณ 5 μm แต่ให้ค่าการดูดซับไอโอดีนสูงที่สุด 2,315.025 mg/g จากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการดูดซับของถ่านขึ้นกับขนาดของรูพรุนของถ่านที่ได้ตามอายุ แต่ค่าความร้อนที่เหมาะสมจะเหมาะกับถ่านที่ปลูกในช่วงอายุ 9-12 เดือน และประสิทธิภาพการดูดซับน้ำไม่ขึ้นอยู่กับถ่าน (รูปที่ 1-6)

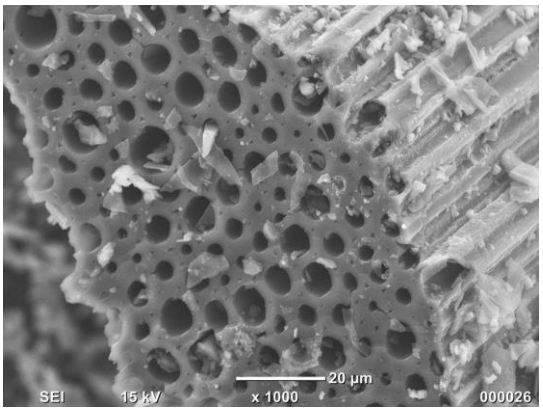
5. สรุป

5.1 ค่าความร้อนที่เหมาะสม คือ ถ่านไผ่กิมซุ่งที่ปลูกในช่วงอายุ 9 และ 12 เดือน

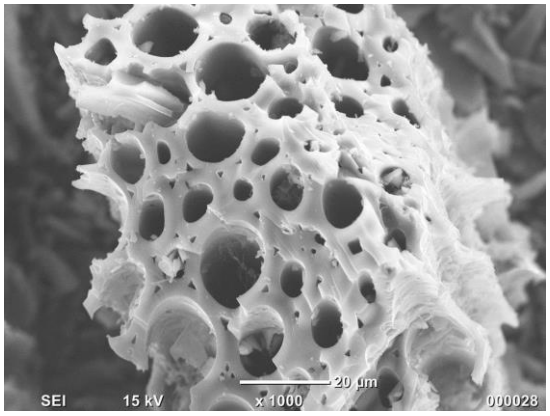
5.2 ค่าการดูดซับไอโอดีนนัมเบอร์ดีที่สุดที่ไผ่กิมซุ่งอายุ 6 เดือน โดยจะสอดคล้องกับภาพถ่าย SEM ที่ไผ่กิมซุ่งอายุ 6 เดือนมีขนาดรูพรุนประมาณ 5-10 μm และค่าการดูดซับเมทิลีนบลูดีที่สุดที่ไผ่กิมซุ่งอายุ 18 และ 24 เดือน มีขนาดรูพรุนประมาณ 20



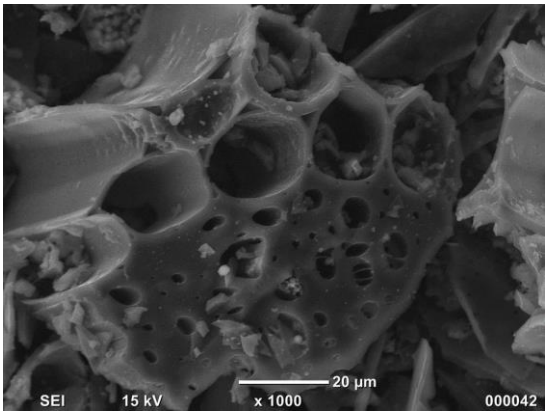
รูปที่ 1 ถ่านไผ่อายุ 6 เดือน (รูพรุนประมาณ 5-10 μm)



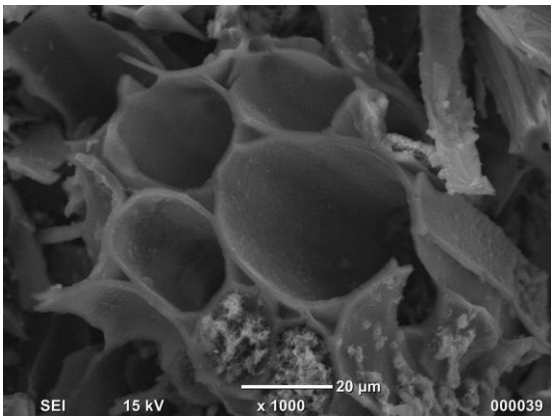
รูปที่ 2 ถ่านไผ่อายุ 9 เดือน (รูพรุนประมาณ 5 μm)



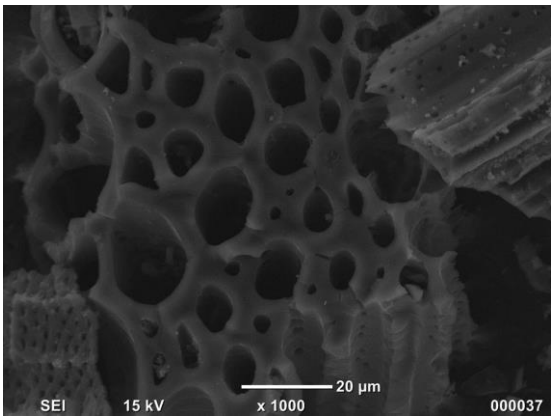
รูปที่ 3 ถ่านไผ่อายุ 12 เดือน (รูพรุนประมาณ 10 μm)



รูปที่ 4 ถ่านไผ่อายุ 15 เดือน (รูพรุนประมาณ 15 μm)



รูปที่ 5 ถ่านไผ่อายุ 18 เดือน (รูพรุนประมาณ 20 µm)



รูปที่ 6 ถ่านไผ่อายุ 24 เดือน (รูพรุนประมาณ 15 µm)

และ 15 µm ตามลำดับ

5.3 อายุของไผ่กิมซุ่งไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดความชื้น ควรศึกษาเพิ่มในเรื่องสารประกอบระเหย คาร์บอนคงตัว และพื้นที่ผิวของถ่าน

6.รายการอ้างอิง

กิตติธัช สัจจากุล, พงษ์ศักดิ์ เฮงนิรันดร์, ไตรรัตน์ เนียมสุวรรณ และนิคม แหลมสัก, 2559, การผลิตถ่านไม้ไผ่คุณภาพสูงเพื่อพัฒนาเป็นถ่านกัมมันต์โดยใช้เตาเผาถ่านดัดแปลงจากถังน้ำมัน 200 ลิตร, แหล่งที่มา : http://conference.forest.ku.ac.th/iDocument/FORCON_20160415_210805.pdf, 26 พฤศจิกายน 2017.

ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก, 2557, ไผ่ : พืชพลังงานแห่งอนาคต, ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 22(1): 130-136.

ภัทรภรณ์ หิรัญวงศ์ และสิงหพันธุ์ สิงหเสนี, 2558, อนาคตพลังงานไฟฟ้าไทยพอเพียงแต่เสี่ยงภัย, ธนาคารแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

ศูนย์ศึกษาและพัฒนาวนศาสตร์ชุมชนที่ 4 (ตาก), 2561, ศึกษาชนิดพันธุ์ไม้ไผ่กิมซุ่ง, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน : ถ่านไม้หุงต้ม, แหล่งที่มา : https://www.tisi.go.th, 16 พฤษภาคม 2561.

AOAC, 2000, Official Method of Analysis of AOAC international. 17th Ed., The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland.

ASTM International, 2004, Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal, ASTM D 3174-02.

ASTM International, 2002, Standard Test Method for Sulfur in the Analysis Sample of Coal and Coke Using High-Temperature Tube Furnace Combustion, ASTM D 3177.

ASTM International, 2010, Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke1, ASTM D 5865-10a.

ASTM International, 2011, Standard Test Method for Determination of Iodine Number of Activated Carbon, ASTM D 4607-94.

Jumsunan, P. ธาตุ, Thaigoodview, แหล่งที่มา : http://www.thaigoodview.com/node/31278, 20 มิถุนายน 2561.