

## การเตรียมถ่านกัมมันต์ไผ่ตงส้มแห้งโดยวิธีการกระตุ้นทางเคมี

### Preparation of *Dendrocalamus Asper Backer* Bamboo Activated Carbon By Chemical Activation

ลักขณา โชติธรรม<sup>1</sup> พนิดา สุมานะตระกูล<sup>1</sup> และพนิดา กังซุ่น<sup>2\*</sup>

Lakana Chotitham<sup>1</sup>, Panita Sumanatrakul<sup>1</sup> and Panita Kongsunc<sup>2\*</sup>

#### บทคัดย่อ

การเตรียมถ่านกัมมันต์ที่ได้จากไผ่ตงส้มแห้งซึ่งเป็นวัสดุชีวมวลที่มีราคาถูกทำให้ลดต้นทุนในการผลิตถ่านกัมมันต์ โดยจะทำการให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์และใช้กรดฟอสฟอริกและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารกระตุ้น ซึ่งขั้นตอนแรกจะทำการเผาไผ่ตงส้มแห้งที่อุณหภูมิ 600 °C จากนั้นนำไปให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์ร่วมกับการใช้สารกระตุ้นเพื่อให้ได้ถ่านกัมมันต์ โดยจากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์ พบว่า เวลาที่เหมาะสมในการรีฟลักซ์คือ 1 ชั่วโมง และใช้กรดฟอสฟอริกในอัตราส่วนระหว่างสารกระตุ้นต่อปริมาณถ่านกัมมันต์เท่ากับ 1:4 จะทำให้ได้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงสุดเท่ากับ 1,971 มิลลิกรัมต่อกรัม และวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ด้วยวิธี FTIR จากผลการทดลองสามารถบอกถึงแนวโน้มที่ดีในผลิตถ่านกัมมันต์จากไผ่ตงส้มแห้งที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและการรีฟลักซ์นี้ยังเป็นวิธีที่ช่วยลดเวลาในการผลิตถ่านกัมมันต์

**คำสำคัญ:** ถ่านกัมมันต์ ไผ่ตงส้มแห้ง วิธีการรีฟลักซ์ ค่าไอโอดีนนัมเบอร์

#### Abstract

Activated carbon was prepared from the *Dendrocalamus Asper Backer* bamboo with phosphoric acid activation by using reflux technique. The *Dendrocalamus Asper Backer* bamboo was first carbonized at 600 °C on conventional thermal process and then using reflux technique to become activated carbon (AC). The effects of chemical activation between H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> and KOH in ratio of charcoal: phosphoric acid as 1: 4 and activation time on the properties of product were studied. The optimum conditions for suitable bamboo Activated carbon preparation were found with following: activation time of 1 hour, the chemical activation of H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> and charcoal: phosphoric acid of 1:4. The highest iodine number value was 1971 mg/g, indicating that those of conditions gave a large of adsorption capacity. The FTIR spectra confirmed the occurrence of activated carbon in which the functional groups of volatile organics were disappeared. The results demonstrated that *Dendrocalamus Asper Backer* bamboo is a good material for preparing activated carbon and reflux is a highly time-saving technique.

**Keywords:** Activated Carbon, *Dendrocalamus Asper Backer* Bamboo, Reflux Method, Iodine Number

<sup>1</sup> นิสิตสาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

<sup>2</sup> อ.ดร., สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

\* Corresponding author: e-mail: panita487@hotmail.com

## บทนำ

การเตรียมถ่านกัมมันต์จากวัสดุชีวมวลเพื่อนำไปใช้งานที่แตกต่างกันตามความเหมาะสมนั้นถือเป็นการนำวัสดุชีวมวลมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยถ่านกัมมันต์ที่นิยมใช้ ได้แก่ ถ่านกัมมันต์จากวัสดุชีวมวล เช่น ไม้ไผ่ ลำต้นฝ้าย จีเลื้อย เปลือกสับปะรดและเปลือกส้ม เป็นต้น เนื่องจากวัสดุเหล่านี้มีราคาถูกทำให้ต้นทุนการผลิตถ่านกัมมันต์ต่ำ ซึ่งในปัจจุบันการนำวัสดุชีวมวลต่างๆ มาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์เริ่มเป็นที่ยอมรับและให้ความสนใจกันมากขึ้น [1]

ไม้ไผ่เป็นพืชที่มีประโยชน์หลายด้านและยังเป็นพืชพลังงานทดแทน มีการปลูกกันอย่างแพร่หลาย จึงมีการพัฒนาการนำไม้ไผ่มาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ อีกทั้งยังเป็นวิธีการเพิ่มมูลค่าให้แก่ไม้ไผ่ [2] ทั้งนี้ถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่เป็นตัวดูดซับอีกชนิดหนึ่งที่มีการนิยมนำมาใช้กันมาก โดยถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่จะประกอบไปด้วยคุณสมบัติที่ (1) มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักและมีปริมาณสูง (2) มีปริมาณสารระเหยได้ต่ำ (3) มีคุณสมบัติคงที่ (4) สามารถหาได้ง่ายและราคาถูก [3] ซึ่งวิธีการเตรียมถ่านกัมมันต์ให้ได้ตามคุณสมบัติดังกล่าวด้วยกระบวนการทางเคมีนั้นจะต้องเผาถ่านที่อุณหภูมิสูง ใช้เวลาในการเผานานและต้องใช้ในโตรเจนไหลผ่านในระบบตลอดการเผา ซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและค่าใช้จ่ายในการผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ ดังนั้นการเตรียมถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีการรีฟลักซ์ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากไม่ต้องใช้แก๊สในโตรเจน ไม่ต้องใช้เวลาในการเผาที่นานและเป็นการประหยัดพลังงานอีกด้วย ดังนั้น ไม้ไผ่ดงลิ้มแล้ง ซึ่งเป็นพืชพลังงานทดแทนที่เติบโตเร็ว มีการส่งเสริมให้ปลูกในพื้นที่จังหวัดพัทลุง มีคุณสมบัติพิเศษด้านเนื้อไม้คือ เนื้อไม้หนาและตันหรือเกือบตัน หรืออาจจะมีรูเล็กๆ ซึ่งไม่กลวงเหมือนไม้ไผ่ทั่วไป หากนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์น่าจะมีความเป็นรูพรุนสูง จึงคาดว่าจะได้ประโยชน์อย่างยิ่งหากมีการศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ดงลิ้มแล้งเพื่อสามารถเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังถือได้ว่าเป็นการพัฒนาทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นได้อย่างคุ้มค่า

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะใช้วิธีการรีฟลักซ์ร่วมกับการใช้กรดฟอสฟอริกและ โปแทสเซียม ไฮดรอกไซด์เป็นสารกระตุ้นในการผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ดงลิ้มแล้งเพื่อเพิ่มความเป็นรูพรุนของถ่านกัมมันต์ โดยจะทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสม คือ เวลาในการกระตุ้นและชนิดของสารกระตุ้น รวมไปถึงการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากไม้ไผ่ดงลิ้มแล้ง คือ ค่าไอโอไดนัมเบอร์และวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวด้วยวิธี FTIR

## วิธีการวิจัย

### 1. การเตรียมถ่านไม้ไผ่ดงลิ้มแล้ง

- 1.1 นำไม้ไผ่มาล้างให้สะอาดเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ที่ผิวไม้ไผ่และตากให้แห้ง
- 1.2 นำไม้ไผ่ไปเผาในเตาเผา โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียส
- 1.3 นำไม้ไผ่มาลดขนาดและบดให้ละเอียดจนสามารถผ่านตะแกรงร่อนขนาด 150 ไมโครเมตร แล้วอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
- 1.4 เก็บไว้ในโถดูดความชื้น

## 2. การเตรียมถ่านกัมมันต์ไม่ฝังลิ้มแล้ง โดยหาสารกระตุ้นที่เหมาะสม

2.1 นำถ่านที่ผ่านการคัดขนาดแล้วมากระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัตถุดิบต่อสารกระตุ้นเท่ากับ 1:4

2.2 ให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2.3 ล้างถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้โดยวิธีการกรองแบบลดความดันด้วยน้ำสะอาดจนมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6-7

2.4 อบถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

2.5 วิเคราะห์ค่าดูดซับไอโอดีนสำหรับถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสารเคมีทั้งสองชนิด โดยพิจารณาจากค่าการดูดซับไอโอดีนที่สูงที่สุดด้วยวิธีการตามมาตรฐาน ASTM D4607-94 โดยจะทำการทดลอง 2 ซ้ำ

## 3. การเตรียมถ่านกัมมันต์ไม่ฝังลิ้มแล้ง โดยหาเวลาที่เหมาะสม

3.1 นำถ่านที่ผ่านการคัดขนาดแล้วมากระตุ้นด้วยสารกระตุ้นที่เหมาะสม (ได้จากข้อ 2) ในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัตถุดิบต่อสารกระตุ้นเท่ากับ 1:4

3.2 ให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์เป็นเวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง

3.3 ล้างถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้โดยวิธีการกรองแบบลดความดันด้วยน้ำสะอาดจนมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6-7

3.4 อบถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

3.5 วิเคราะห์ค่าดูดซับไอโอดีนสำหรับถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสารเคมีทั้งสองชนิด โดยพิจารณาจากค่าการดูดซับไอโอดีนที่สูงที่สุดด้วยวิธีการตามมาตรฐาน ASTM D4607-94 โดยจะทำการทดลอง 2 ซ้ำ

## 4. การวิเคราะห์ค่าการดูดซับไอโอดีน ตามมาตรฐาน ASTM D4607-94

4.1 อบถ่านตัวอย่างที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้น

4.2 ชั่งน้ำหนักถ่านกัมมันต์ในขวดรูปชมพูนขนาด 250 มิลลิลิตร บันทึกค่าที่แน่นอน ปิดฝาขวดรูปชมพู่ให้สนิท โดยชั่งน้ำหนักถ่านกัมมันต์ตัวอย่าง 3 ค่าตัวอย่าง เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของไอโอดีนหลังจากการดูดซับน้อยกว่าเท่ากับ หรือมากกว่า 0.02 นอร์มอล

4.3 เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แกลงให้ถ่านชุ่มด้วยกรด

4.4 ต้มสารในขวดรูปชมพู่ให้เดือดเพื่อไล่เอาและก๊าซฟอสฟอไรต์ออกจากผิวของถ่าน แล้วตั้งขวดรูปชมพู่ทิ้งไว้จนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง

4.6 เติมสารละลายไอโอดีนเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปิดฝาขวดรูปชมพู่ให้สนิท เขย่าแรงๆ 30 วินาที

4.7 กรองแยกถ่านด้วยวิธีการกรองแบบลดความดัน โดยทิ้งสารละลายในช่วงแรกออกไปจนกระทั่งกระดาษกรองอิ่มตัวด้วยสารละลาย จึงรองรับสิ่งที่กรองได้ด้วยขวดรูปชมพูนขนาด 125 มิลลิลิตร

4.8 บีบสารละลายที่กรองได้ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพูนขนาด 250 มิลลิลิตร นำไปไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไรโอซัลเฟตเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนได้สารละลายสีเหลือง

4.9 เติมน้ำแข็ง 2-3 หยด สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน

4.10 ไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมโคริออสเฟตเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนได้สารละลายสีไม่มีสี บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมโคริออสเฟตที่ใช้ทั้งหมด โดยจะทำการทดลอง 2 ครั้ง และนำไปคำนวณเพื่อหาค่าไอโอดีนัมเบอร์

4.11 คำนวณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมโคริออสเฟตจากสมการที่ (1)

$$N_1 = \frac{P \times R}{S} \quad (1)$$

เมื่อ  $N_1$  = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมโคริออสเฟต (นอร์มอล)  
 $P$  = ปริมาตรสารละลายโพแตสเซียมไอโอเตด (มิลลิลิตร)  
 $R$  = ความเข้มข้นของสารละลายโพแตสเซียมไอโอเตด (นอร์มอล)  
 $S$  = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมโคริออสเฟต (มิลลิลิตร)

4.12 คำนวณความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนที่เหลือจากสมการที่ (2)

$$C = \frac{N_1}{50 \times S} \quad (2)$$

เมื่อ  $C$  = ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนที่เหลือ (นอร์มอล)  
 $N_1$  = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมโคริออสเฟต (นอร์มอล)  
 $S$  = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมโคริออสเฟต (มิลลิลิตร)

4.13 คำนวณค่าการดูดซับไอโอดีนต่อกรัมของถ่านจากสมการที่ (3)

$$q \left( \frac{\text{mg}}{\text{g}} \right) = \frac{A - (DF \times B \times S)}{M} \quad (3)$$

เมื่อ  $q$  = ค่าการดูดซับไอโอดีนต่อกรัมของถ่าน (มิลลิกรัมต่อกรัม)  
 $A$  =  $12693 \times N_2$   
 $B$  =  $126.93 \times N_1$   
 $DF$  = แฟกเตอร์การเจือจาง (dilution factor)  
 $DF$  =  $\frac{\text{ปริมาตรไอโอดีนเริ่มต้น} + \text{ปริมาตรไฮโดรคลอริก}}{\text{ปริมาตรไอโอดีนที่ปิเปต}}$   
 $M$  = น้ำหนักถ่าน  
 $S$  = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมโคริออสเฟต

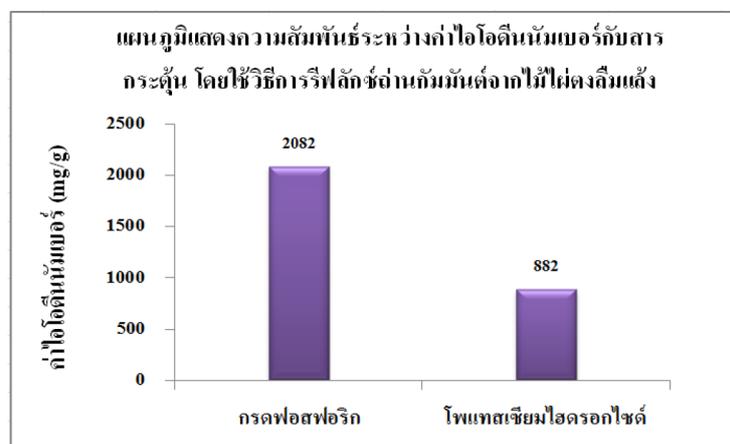
4.14 สร้างกราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับ ไอโอดีนต่อกรัมของถ่านกับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไอโอดีนหลังการดูดซับ

4.15 คำนวณค่าความสามารถในการดูดซับถ่าน ณ ตำแหน่งความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนเท่ากับ 0.02 นอร์มอล

## ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

### 1. ผลสารกระตุ้นที่เหมาะสม

จากผลการทดลอง พบว่า การใช้สารกระตุ้นที่เป็นกรดฟอสฟอริกจะให้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์เท่ากับ 2,082 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งมีค่าที่สูงกว่าสารกระตุ้นที่เป็นโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์มีค่าเท่ากับ 882 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งค่าไอโอดีนนัมเบอร์เป็นค่าชี้บอกความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ได้เบื้องต้น แสดงดังภาพที่ 1



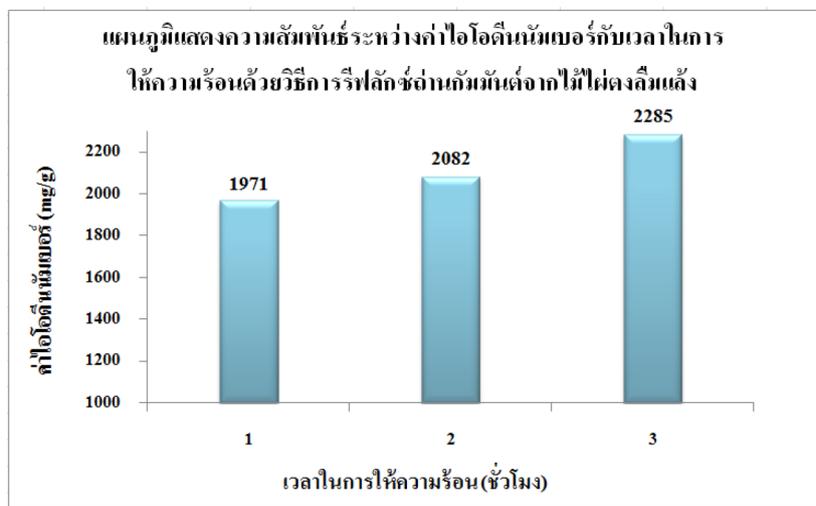
ภาพที่ 1 แสดงค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของกรดฟอสฟอริกและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้วิธีการรีฟลักซ์ถ่านกัมมันต์จากไผ่ตงส้มแห้ง

เนื่องจากการใช้กรดฟอสฟอริกเป็นสารกระตุ้นจะใช้อุณหภูมิในการเผาประมาณ 400-600 องศาเซลเซียส โดยเมื่อนำกรดฟอสฟอริกผสมกับถ่านไผ่ตงส้มแห้งแล้วนำไปให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์ การกระตุ้นด้วยวิธีนี้จะเกิดการดูดน้ำของกรดฟอสฟอริก ซึ่งกรดฟอสฟอริกจะกลายเป็นฟอสฟอรัสและจะเกิดการไฮโดรไลต์สารระเหยได้ออก ทำให้เกิดการแทรกตัวภายใน โครงสร้างของถ่านกัมมันต์ได้ดีกว่าที่อุณหภูมิไม่สูงมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งการใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นวิธีการกระตุ้นที่ใช้ไอออนของโพแทสเซียมกับถ่านไผ่ตงส้มแห้งที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนแล้วนำไปให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์นั้น ไอออนของโพแทสเซียมจะเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างชั้นผลึกของถ่านกัมมันต์ แต่ต้องมีอุณหภูมิสูงกว่า 700 องศาเซลเซียส จึงจะเกิดการแทรกตัวภายใน โครงสร้างของถ่านได้ดี โดยจะส่งผลทำให้โมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและออกซิเจนหลุดออกไปและได้เป็นถ่านกัมมันต์ตามต้องการ ดังนั้นการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกซึ่งเป็นสารที่มีความสามารถในการทำลายสูงทำให้สามารถแทรกตัวเข้าไปในโครงสร้างของวัสดุได้เป็นอย่างดี กรดฟอสฟอริกจึงเหมาะสมในการนำไปผลิตเป็น

ถ่านกัมมันต์ไฟตงลิ้มแล้ง โดยจากการศึกษาของนักวิจัยหลายกลุ่ม พบว่า การใช้กรดฟอสฟอริกเป็นตัวกระตุ้นในการเตรียมถ่านกัมมันต์จากวัสดุชีวมวลนั้น ทำให้โครงสร้างของเซลลูโลสเกิดความเสถียรและองค์ประกอบของฟอสเฟตยังทำให้โครงสร้างของเซลลูโลสเกิดการขยายตัว ส่งผลทำให้เกิดรูพรุนในโครงสร้างหลังจากการให้ความร้อน อีกทั้งสารกระตุ้นประเภทกรดยังมีความเหมาะสมต่อวัสดุชีวมวลประเภทเนื้อไม้ที่แข็งและหนา

## 2. ผลเวลาในการให้ความร้อนที่เหมาะสม

จากผลการทดลอง พบว่า เวลาในการให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์ที่เวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง ให้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์เท่ากับ 1,971 2,082 และ 2,285 มิลลิกรัมต่อกรัม แสดงดังภาพที่ 2



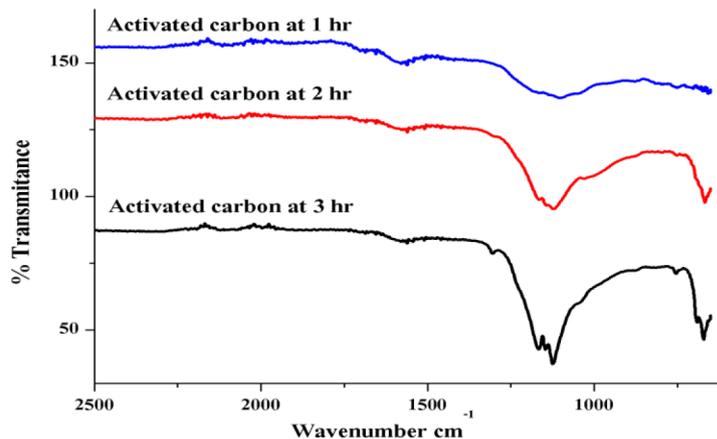
ภาพที่ 2 แสดงค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของกรดฟอสฟอริกด้วยวิธีการรีฟลักซ์ที่เวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง

เมื่อทำการเพิ่มเวลาในการให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์จาก 1 เป็น 2 ชั่วโมง จะได้เห็นว่าค่าไอโอดีนนัมเบอร์จะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มเป็น 3 ชั่วโมงค่าไอโอดีนนัมเบอร์ก็เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งค่าไอโอดีนนัมเบอร์ที่ได้นั้นไม่มีความแตกต่างกันมาก จึงเลือกที่เวลา 1 ชั่วโมงเป็นเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์จากไฟตงลิ้มแล้ง เนื่องจากการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกพร้อมกับการให้ความร้อนเป็นการกระตุ้นให้สารกระตุ้นเข้าไปแทรกตัวในโครงสร้างและปลดปล่อยสารอินทรีย์ออกจากภายในโครงสร้างของถ่านกัมมันต์ จึงเกิดความเป็นรูพรุนมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับไอโอดีนสูงขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

## 3. วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ด้วยวิธี FTIR

จากสเปกตรัมของถ่านกัมมันต์ที่ให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์ที่เวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง แสดงดังภาพที่ 3 พบว่า แถบของการสั่นในช่วง  $1,800-1,650 \text{ cm}^{-1}$  เป็นการสั่นของหมู่  $\text{C=O}$  ซึ่งแถบของการสั่นในช่วงนี้เส้นของพีคจะลดลง เนื่องจากเมื่อให้ความร้อนที่เวลานานขึ้นสารอินทรีย์หรือปริมาณสารระเหย เช่น เอสเทอร์ แอลดีไฮด์และคีโตน จะ

ถูกกำจัดออกไปมาก ส่วนแถบของการสั่นที่  $1,200\text{ cm}^{-1}$  เป็นการสั่นของหมู่ C-C กับ C-O และอาจจะพบหมู่ฟังก์ชันของ  $\text{CH}_2\text{-P}$  ภายใน โครงสร้าง ซึ่งเส้นพีคจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากการกระตุ้นทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หมู่ฟังก์ชันจึงเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้มีจำนวนคาร์บอนเพิ่มขึ้น และแถบของการสั่นในช่วง  $600\text{-}800\text{ cm}^{-1}$  เป็นการสั่นของหมู่ C-P โดยฟอสฟอรัสอาจเกิดจากกรดฟอสฟอริกที่ใช้เป็นสารกระตุ้นร่วมกับวิธีการรีฟลักซ์



ภาพที่ 3 แสดงสเปกตรัม FTIR ของถ่านกัมมันต์จากไผ่ดงลิ้มแล้ง โดยการให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์ที่เวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง

### สรุปผลการวิจัย

การเตรียมถ่านกัมมันต์จากไผ่ดงลิ้มแล้ง โดยการให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์ร่วมกับการใช้กรดฟอสฟอริก และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารกระตุ้นมีสภาวะที่เหมาะสม คือ เวลาในการให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์เท่ากับ 1 ชั่วโมงและใช้กรดฟอสฟอริกในอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อกรดฟอสฟอริกเท่ากับ 1:4 ส่วนผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของถ่านกัมมันต์ พบว่า การให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์ที่เวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์เท่ากับ 1,971 2,082 และ 2,285 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งจากค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันมากจึงเลือกที่เวลา 1 ชั่วโมงเป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุดและการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวถ่านกัมมันต์ จะเห็นว่าแถบของการสั่นในช่วง  $1,800\text{-}1,650$ ,  $1,200$  และ  $600\text{-}800\text{ cm}^{-1}$  เป็นการสั่นของหมู่ C=O, C-C C-O กับ  $\text{CH}_2\text{-P}$  และ C-P ตามลำดับ จากข้อมูลของงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นจึงเป็นประโยชน์อย่างมากในการนำถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไผ่ดงลิ้มแล้งไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น นำไปดูดซับสารพิษในอากาศหรือดูดซับของเสียในน้ำเสีย เป็นต้น และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าแก่ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

### คำขอขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ทุนงบประมาณรายได้ 2557 ขอขอบคุณ

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Liu, Q.S., Zheng, T., Li, N., Wang, P. and Abulikemu, G., (2010). "Modification of bamboo-based activated carbon using microwave radiation and its effects on the adsorption of methylene blue," **Applied Surface Science**. 256, 3309–3315.
- [2] Liu, Q.S., Zheng, T., Wang, P. and Guo, L., (2010). "Preparation and characterization of activated carbon from bamboo by microwave-induced phosphoric acid activation," **Industrial Crops and Products**. 31, 233–238.
- [3] ปรีนทร เต็มญารศิริป. (2551). การเตรียมและการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของถ่านกัมมันต์จากไผ่ตงและไผ่หมางู. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาเคมี ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [4] Deng, H., Li, G., Yang, H., Tang, J.P. and Tang, J. (2010). "Preparation of activated carbon from cotton stalk by microwave assisted KOH and  $K_2CO_3$  activation," **Chemical Engineering Journal**. 163, 373–381
- [5] Deng, H., Zhang, G., Xu, X., Tao, G. and Dai, J. (2010). "Optimization of Preparation of activated carbon from cotton stalk by microwave assisted phosphoric acid-chemical activation," **Journal of Hazardous Materials**. 182, 217–224.
- [6] Foo, K.Y. and Hameed, B.H. (2012). "Mesoporous activated carbon from wood sawdust by  $K_2CO_3$  activation using microwave heating," **Bioresource Technology**. 111, 425–432.
- [7] Foo, K.Y. and Hameed, B.H. (2012). "Porous structure and adsorptive properties of pineapple peel based activated carbons prepared via microwave assisted KOH and  $K_2CO_3$  activation," **Microporous and Mesoporous Materials**. 148, 191–195.
- [8] Liu, Q.S., Zheng, T., Li, N., Wang, P. and Abulikemu, G., (2010). "Modification of bamboo-based activated carbon using microwave radiation and its effects on the adsorption of methylene blue," **Applied Surface Science**. 256, 3309–3315.
- [9] Liu, Q.S., Zheng, T., Wang, P. and Guo, L., (2010). "Preparation and characterization of activated carbon from bamboo by microwave-induced phosphoric acid activation," **Industrial Crops and Products**. 31, 233–238.