

## การเตรียมและลักษณะจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุด Preparation and Characterization of Mangosteen Peel Activated Carbon

สุภาพร รัตน์พันธุ์<sup>1</sup> เพ็ญญา เพ็งแจ่ม<sup>1</sup> และพนิตา กังซุ่น<sup>2\*</sup>  
Supaporn Rattanapan<sup>1</sup>, Pennapa Pengjam<sup>1</sup> and Panita Kongsune<sup>2\*</sup>

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการเตรียมและลักษณะจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุด โดยนำเปลือกมังคุดไปผ่านกระบวนการคาร์บอนไนซ์เซชันให้ได้ถ่าน และนำถ่านไปกระตุ้นทางเคมีด้วยซิงค์คลอไรด์ โดยใช้เทคนิคการให้ความร้อนโดยการกลั่นไพลย้อนกลับ หาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุด ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างสารกระตุ้นต่อปริมาณวัตถุดิบ เวลาที่ใช้ในการกระตุ้น รวมทั้งตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีด้วยการวิเคราะห์การดูดซับไอโอดีน หาค่าความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย และปริมาณคาร์บอนคงตัว ศึกษาหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FT-IR จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนระหว่างสารกระตุ้นต่อปริมาณวัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดคือ 1:1 (ถ่าน:ซิงค์คลอไรด์) ใช้เวลาให้ความร้อน 3 ชั่วโมง ค่าไอโอดีน นัมเบอร์เท่ากับ 820 mg/g ค่าความชื้น 1.07% ปริมาณเถ้า 5.68% ปริมาณสารระเหย 47.75% ปริมาณ คาร์บอนคงตัว 46.57% จากสเปกตรัม IR พบว่าแถบการสั่นของ หมู่ -OH, C-H, C=O ของถ่านเปลือกมังคุดเข้มข้นกว่าสเปกตรัมของถ่านกัมมันต์ แสดงว่าในถ่านเปลือกมังคุดยังมีองค์ประกอบอินทรีย์เหลืออยู่หลายชนิด ส่วนในถ่านกัมมันต์ การกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ทำให้หมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ สลายไป

**คำสำคัญ :** ถ่านกัมมันต์ ไอโอดีนนัมเบอร์ เปลือกมังคุด การกลั่นไพลย้อนกลับ ซิงค์คลอไรด์

<sup>1</sup> นิสิตปริญญาตรี สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

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

\* Corresponding author: e-mail: panita487@hotmail.com Tel. 089-8707154

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557

## Abstract

The purpose of this study was to prepare and characterize the activated carbon from the mangosteen peel by chemical activation with zinc chloride using reflux technique. To find the optimal conditions for preparing activated carbon from mangosteen, the effect of chemical reagents:material ratio and time used to stimulate on the properties of the activated carbons were analyzed. In addition, physical and chemical properties of activated charcoal such as iodine number, moisture content, ash, volatile matter, the amount of fixed carbon and functional group by FTIR techniques were determined. The optimal condition for preparing mangosteen peel activated carbon was obtained with following conditions: time used to stimulate at 3 hour and Charcoal:zinc chloride ratio of 1:1. The highest iodine number was 820 mg/g with 1.07% moisture, 5.68% ash , 47.75% volatile and 46.57% fixed carbon content. The IR spectrum showed that the vibration of -OH, C-H, C=O functional group of mangosteen peel more intense than of activated charcoal indicate that volatile matters from activated carbon were decompose.

**Keywords :** Activated Carbon, Iodine Number, Mangosteen Peel, Reflux, ZnCl<sub>2</sub>

## บทนำ

ถ่านกัมมันต์ ( Activated carbon ) เป็นถ่านที่ผ่านกระบวนการทางเคมีหรือกายภาพเพื่อทำให้เกิดรูพรุนเพิ่มขึ้นจำนวนมาก ภายในโครงสร้างมีลักษณะเป็นผลึกขนาดเล็กลักษณะโครงสร้างคล้ายของแกรไฟ์ ถ่านกัมมันต์มีพื้นที่จำเพาะสูงมาก (300-2500 ตารางเมตรต่อกรัม) เนื่องจากมีความพรุนมากกว่า ทำให้ถ่านมีพื้นที่ผิวภายในเพิ่มขึ้น สามารถดูดซับกลิ่นและสีได้มากกว่าถ่านธรรมชาติ จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น ดูดซับโลหะหนัก ฟอกสี ดูดกลิ่น แต่งรสของสารละลาย ทำก๊าซให้บริสุทธิ์และใช้ในอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ คืออุตสาหกรรมน้ำตาล อุตสาหกรรมน้ำมันและไขมัน อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ อุตสาหกรรมเคมีและยา เป็นต้น “มังคุด” เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคใต้ ได้รับการยกย่องให้เป็น “ราชินีแห่งผลไม้” (Queen of fruits) อย่างไรก็ตาม มังคุดมีส่วนที่เป็นเปลือกเหลือทิ้งค่อนข้างมาก อีกทั้งถ้าช่วงที่มังคุดออกผลแล้วมีฝนตกชุกก็จะทำให้ผลมังคุดหล่นจากต้นเป็นจำนวนมากซึ่งผลที่หล่นนี้ไม่สามารถนำไปขายได้ ซึ่งเปลือกมังคุดและผลที่ร่วงหล่นที่ไม่สามารถขายได้นี้ ส่วนใหญ่จะทิ้งไม่นำมาใช้ประโยชน์ กอปรกับในชุมชนมีการทำน้ำส้มควันไม้จากเปลือกมังคุดทำให้มีถ่านเหลือทิ้งจากกระบวนการดังกล่าว เราสามารถนำเศษเหลือต่าง ๆ นี้ มาเพิ่มมูลค่าโดยการนำมาทำเป็นถ่านกัมมันต์ได้

ในปัจจุบันถ่านกัมมันต์ที่นิยมใช้ ได้แก่ ถ่านกัมมันต์จากวัสดุชีวมวล เนื่องจากวัตถุดิบมีราคาถูกทำให้ต้นทุนการผลิตถ่านกัมมันต์ต่ำ ปกติขั้นตอนการเตรียมถ่านเป็นถ่านกัมมันต์ด้วยกระบวนการทางเคมีจะต้องเผาถ่านที่ผสมกับสารเคมีภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง (400-700 °C) และใช้เวลาในการเผาค่อนข้างนาน (1- 6 ชั่วโมง) [1] ซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ดังนั้นการเตรียมถ่านกัมมันต์ด้วยการให้ความร้อนโดยการกลั่นไพลย้อนกลับก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากไม่ต้องใช้แก๊สไนโตรเจนแต่ได้คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ไม่แตกต่างกัน ดังนั้น การใช้ถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดที่เตรียมด้วยการกลั่นไพลย้อนกลับ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจเนื่องจาก พบว่าถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดจะประกอบด้วยคุณสมบัติที่ (1) มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักและมีปริมาณค่อนข้างสูง (2) มีปริมาณสารระเหยได้ต่ำ (3) วัสดุนี้หาง่ายในท้องถิ่นและมีส่วนที่เป็นเปลือกเหลือทิ้งค่อนข้างมาก ดังนั้น จึงคาดว่าจะ เป็นประโยชน์อันดียิ่งหากมีการศึกษาวิธีการที่สามารถพัฒนาทรัพยากรท้องถิ่นได้อย่างคุ้มค่าสูงสุด

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้  $ZnCl_2$  เป็นสารกระตุ้นในการผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดเพื่อเพิ่มรูพรุน และทำการควบคุมสภาวะต่าง ๆ ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตถ่านกัมมันต์ เช่น ปริมาณสารกระตุ้นต่อปริมาณวัตถุดิบเวลาในการกระตุ้น ทำการศึกษาถ่านและถ่านกัมมันต์ที่ได้จากเปลือกมังคุด ทั้งคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีรวมถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการผลิตถ่านกัมมันต์ เช่น สารกระตุ้น อุณหภูมิ เวลาในการเผา ค่าการดูดซับไอโอดีน องค์ประกอบแบบปริมาณและหมู่ฟังก์ชัน

## วิธีการวิจัย

### 1. การเตรียมถ่านเปลือกมังคุด

- 1.1 นำเปลือกมังคุดมาล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่ติดอยู่บริเวณผิวของเปลือกมังคุด หลังจากนั้นนำมาผึ่งแดดให้แห้ง
- 1.2 นำเปลือกมังคุดมาเผาในเตาเผาโดยใช้อุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส
- 1.3 นำถ่านที่ได้จากการเผามาบดให้ละเอียดจนสามารถร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 150 ไมโครเมตรได้
- 1.4 นำถ่านที่บดละเอียดไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 110-120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้น

### 2. การเตรียมถ่านกัมมันต์

#### 2.1 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์

- 2.1.1 นำถ่านที่ผ่านการคัดขนาดแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 110-120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงหลังจากนั้นนำไปผสมกับซิงค์คลอไรด์ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 1:0.5, 1:1, 1:1.5 และ 1:2 (ถ่าน:ซิงค์คลอไรด์)
- 2.1.2 นำไปให้ความร้อนโดยการกลั่นไอลย้อนกลับ (reflux) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง
- 2.1.3 ล้างถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้ด้วยน้ำหลาย ๆ ครั้งจนกระทั่งวัดค่าความเป็นกรดต่างของน้ำที่ล้างได้ประมาณ 7 ในครั้งสุดท้ายให้ล้างด้วยน้ำกลั่น
- 2.1.4 อบถ่านกัมมันต์ที่ได้ที่อุณหภูมิ 110-120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้น

2.1.5 นำถ่านทั้งหมดไปวิเคราะห์หาค่าการดูดซับไอโอดีน เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการกระตุ้นและเลือกอัตราส่วนนั้นไปใช้ในการทดลองหาเวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์

#### 2.2 การหาเวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์

- 2.2.1 นำถ่านที่อบแล้วไปผสมกับซิงค์คลอไรด์ในอัตราส่วนที่เหมาะสมจากการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์ ในข้อ 2.1
- 2.2.2 นำไปให้ความร้อนโดยการกลั่นไอลย้อนกลับเป็นเวลา 1, 2, 3, 4, 6, 8, และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ
- 2.2.3 ล้างถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้ด้วยน้ำหลาย ๆ ครั้งจนกระทั่งวัดค่าความเป็นกรดต่างของน้ำที่ล้างได้ประมาณ 7 ในครั้งสุดท้ายให้ล้างด้วยน้ำกลั่น
- 2.2.4 นำถ่านทั้งหมดไปวิเคราะห์หาค่าการดูดซับไอโอดีน เพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้นและนำถ่านกัมมันต์ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี

### 3. การวิเคราะห์สมบัติของถ่านกัมมันต์

#### 3.1 การวิเคราะห์หาค่าการดูดซับไอโอดีน (Iodine Number)

โดยวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D4607-94 [1-2] ซึ่งมีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557

- 3.1.1 อบถ่านที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น
- 3.1.2 ชั่ง และบันทึกน้ำหนักถ่านกัมมันต์ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีฝาปิด
- 3.1.3 เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก 10.0 มิลลิลิตร แก้วขวดเบา ๆ เพื่อให้ผงถ่านชุ่มด้วยสารละลายจากนั้นต้มให้เดือด 30 วินาที เพื่อกำจัดเถ้าและซัลเฟอร์
- 3.1.4 เติมสารละลายไอโอดีน ความเข้มข้น 0.10 นอร์มอล ปริมาตร 100.0 มิลลิลิตร ปิดฝาและเขย่าแรง ๆ 30 วินาที
- 3.1.4 กรองแยกถ่านกัมมันต์จากสารละลายด้วยกระดาษกรอง โดยทิ้งสารละลายในช่วงแรก จนกระทั่งกระดาษกรองอิมมิดิเอตด้วยสารละลาย จึงรองรับสิ่งกรองด้วยขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร
- 3.1.5 บีบอัดสารละลาย 50.0 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 3.1.6 ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต ความเข้มข้น 0.10 นอร์มอล จนกระทั่งได้สารละลายสีเหลือง
- 3.1.7 เติมน้ำแบ่ง 2-3 หยด จนได้สารละลายสีน้ำเงิน
- 3.1.8 ไทเทรตต่อจนได้สารละลายใสไม่มีสีบันทึกปริมาตรโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้
- 3.1.9 คำนวณการดูดซับไอโอดีน โดย

$$X/M (mg/g) = \frac{A-(DF \times B \times S)}{M}$$

- เมื่อ A = 12693N2
- B = 126.93N1
- DF = ค่าแฟกเตอร์การเจือจาง (dilution factor)

$$= \frac{\text{ปริมาตรไอโอดีนเริ่มต้น} - \text{ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริก}}{\text{ปริมาตรไอโอดีนที่เหลือ}}$$

- S = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต (มิลลิลิตร)
- M = น้ำหนักถ่าน (กรัม)
- N1 = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต (นอร์มอล)
- N2 = ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน (นอร์มอล)

### 3.2 การวิเคราะห์สมบัติแบบประมาณ (Proximate Analysis)

#### 3.2.1 ปริมาณความชื้น

- 3.2.1.1 อุ่นเตาเผาให้ร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส
- 3.2.1.2 ปล่อยให้เย็นพร้อมฝาที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น
- 3.2.1.3 ชั่งถ่านหนักประมาณ 1.0 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องอบสารจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ คำนวณปริมาณความชื้นในถ่านตัวอย่าง โดย

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

### 3.2.2 ปริมาณสารระเหย (Volatile matter)

3.2.2.1 เเผถั่วถั่วกระเบื้องพร้อมฝาท่ออุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น

3.2.2.2 ชั่งถ่านกัมมันต์หนักประมาณ 1.0 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง หรือ ใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการหาปริมาณความชื้นแล้ว

3.2.2.3 เเผถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที (ขณะเเผให้ปิดฝาด้วยกระเบื้อง) แล้วนำออกจากเตาเผาทันที ตั้งทิ้งไว้ในสภาพบรรยากาศประมาณ 20 นาที แล้วนำไปตั้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น

3.2.2.4 บันทึกน้ำหนักถ่านกัมมันต์หลังเเผ ทำซ้ำจนกระทั่งถ่านกัมมันต์มีน้ำหนักคงที่

3.2.2.5 คำนวณปริมาณสารระเหยในถ่านกัมมันต์ โดย

$$\text{ร้อยละสารระเหย} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเเผ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเเผ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเเผ}}$$

### 3.2.3 ปริมาณเถ้า (Ash)

3.2.3.1 เเผถั่วถั่วกระเบื้องพร้อมฝาท่ออุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น

3.2.3.2 ชั่งถ่านกัมมันต์หนักประมาณ 1.0 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง หรือ ใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการหาความชื้นแล้ว

3.2.3.3 เเผถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ (เปิดฝาด้วยกระเบื้องขณะเเผ) คำนวณปริมาณเถ้าในถ่านกัมมันต์

$$\text{โดยร้อยละเถ้า} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเเผ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

### 3.2.4 ปริมาณคาร์บอนคงตัว โดยอาศัยผลต่าง

ปริมาณคาร์บอนคงตัวในสารตัวอย่างคำนวณจาก

$$\text{ร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัว} = 100 - \text{ร้อยละเถ้า} - \text{ร้อยละสารระเหย}$$

3.3 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของถ่านและถ่านกัมมันต์ โดยใช้เทคนิค Fourier transform infrared spectroscopy

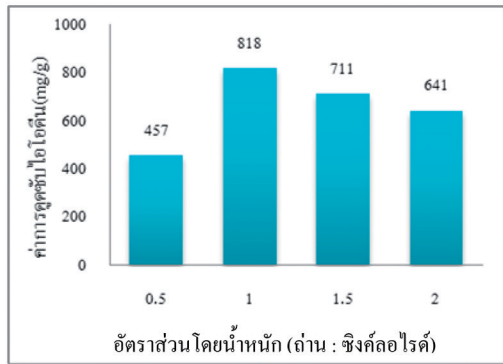
นำเปลือกมังคุด ถ่าน ถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดและถ่านกัมมันต์เกรดการค้าไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FT-IR โดยใช้ตัวอย่างแต่ละชนิดประมาณ 0.1 กรัม

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557

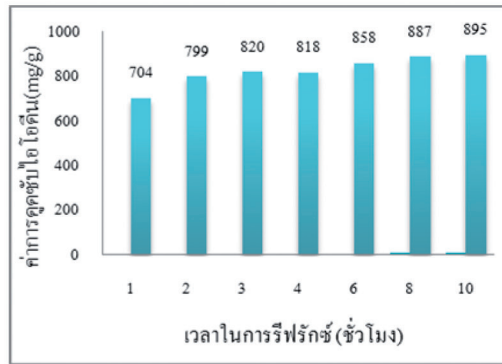
### ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

#### 1. ผลของอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์

จากการทดลองการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมโดยทำการเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่าง ถ่าน-ซิงค์คลอไรด์ที่ 1:0.5, 1:1, 1:1.5 และ 1:2 ซึ่งพบว่าค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดมีค่ามากที่สุดคือ 818 มิลลิกรัมต่อกรัม ดังภาพที่ 1 (ก) เมื่อใช้อัตราส่วนของถ่านต่อซิงค์คลอไรด์ 1:1 โดยน้ำหนัก จึงเลือกอัตราส่วนนี้มาใช้ กระตุ้นถ่านเพื่อหาเวลาที่เหมาะสม



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าการดูดซับไอโอดีน

(ก) เมื่อกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ในอัตราส่วนต่าง ๆ และให้ความร้อนโดยการกลั่นไพลกลับ 4 ชั่วโมง

(ข) เมื่อกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ในอัตราส่วน (1:1) ให้ความร้อนโดยการกลั่นไพลกลับ 1, 2, 3, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง

#### 2. ผลของเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์

จากการทดลองการหาเวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ โดยทำการเปรียบเทียบเวลาที่ 1, 2, 3, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนถ่านต่อซิงค์คลอไรด์ 1:1 โดยน้ำหนัก พบว่าค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดมีค่ามากที่สุดที่ 895.37 มิลลิกรัมต่อกรัม ดังภาพที่ 1 (ข) เมื่อใช้เวลาในการรีฟรักซ์ 10 ชั่วโมง แต่เมื่อพิจารณาค่าการดูดซับไอโอดีนที่ใช้เวลาในการให้ความร้อน 3 ชั่วโมง พบว่ามีค่าการดูดซับไอโอดีนที่ 820 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งจะเห็นว่าค่าการดูดซับไอโอดีนไม่แตกต่างกันมากแต่เวลาในการให้ความร้อนต่างกันประมาณ 7 ชั่วโมง ดังนั้นเพื่อการประหยัดเวลาจึงเลือกใช้สภาวะสมดุลในการศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดที่ 3 ชั่วโมง

#### 3. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณของถ่านกัมมันต์แสดงในตารางที่ 1 พบว่า ปริมาณสารระเหยของเปลือกมังคุดและถ่านค่อนข้างมากกว่าถ่านกัมมันต์ แสดงให้เห็นถึงการมีสารอินทรีย์คงเหลืออยู่ในเปลือกมังคุดและถ่านมากกว่าถ่านกัมมันต์ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเถ้า คาร์บอนคงตัว และสารสารระเหยของเปลือกมังคุด ถ่านและถ่านกัมมันต์ เมื่อใช้เวลาให้ความร้อนโดยการกลั่นไพลกลับต่างกันโดยทั่วไปพบว่า ปริมาณเถ้าและคาร์บอนคงตัวจะเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณสารระเหยจะลดลง เมื่อใช้เวลาเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าเมื่อถ่านถูกกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ ปริมาณสารระเหย

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557

ลดลงตามระยะเวลาให้ความร้อน แสดงให้เห็นว่าซิงค์คลอไรด์มีส่วนช่วยในการกำจัดสารระเหยที่เหลืออยู่ในถ่านได้ดี ทำให้ได้ปริมาณคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งคาร์บอนคงตัวเป็นค่าที่แสดงถึงส่วนที่เหลือของถ่านหลังจากที่กำจัดความชื้น เถ้า และสารระเหยออก เนื่องจากการสลายตัวของโครงสร้างซึ่งหลุดออกไปในรูปสารระเหยหรืออาจเกิดปฏิกิริยาระหว่าง สารกระตุ้นกับโครงสร้างของถ่าน ซึ่งการสลายตัวของโครงสร้างถ่านนั้นอาจเกิดขึ้นได้ เนื่องจากการแตกหักของพันธะใน โครงสร้างของถ่านอันเนื่องมาจากความร้อน และอาจเกิดจากการที่สารกระตุ้นทำปฏิกิริยาดึงน้ำออกจากถ่าน กับอะตอม ของไฮโดรเจน และออกซิเจนในโครงสร้างถ่าน

ส่วนค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุด แสดงดังตารางที่ 1 มีค่ามากกว่าถ่านจากเปลือก มังคุด ค่อนข้างมาก คือ เปลือกมังคุดมีค่าการดูดซับไอโอดีนเท่ากับ 127.56 มิลลิกรัมต่อกรัม และถ่านเปลือกมังคุดมีค่า การดูดซับไอโอดีนเท่ากับ 213.20 มิลลิกรัมต่อกรัม ในขณะที่ถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดมีค่าการดูดซับไอโอดีน เท่ากับ 703-895 มิลลิกรัมต่อกรัมขึ้นอยู่กับเวลาในการให้ความร้อน โดยค่าการดูดซับไอโอดีนสูงที่สุดเท่ากับ 895.37 มิลลิกรัม ต่อกรัม แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนจากเปลือกมังคุดให้เป็นถ่านกัมมันต์เป็นการเพิ่มมูลค่าของเปลือกมังคุดเกรดต่ำที่ ตกหล่นอยู่บริเวณโคนต้นและไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ค่าการดูดซับไอโอดีนนั้นก็จะเป็นตัวบอก คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่จะนำไปเป็นตัวดูดซับได้คร่าว ๆ กล่าวคือ ความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์จะ สัมพันธ์กับขนาดของตัวถูกดูดซับด้วย เช่นถ้าตัวถูกดูดซับมีขนาดใหญ่กว่าขนาดรูพรุนการดูดซับก็เกิดขึ้นได้น้อยถึงแม้ ถ่านกัมมันต์ชนิดนั้นจะมีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงก็ตาม ดังนั้นการที่จะเลือกว่าจะใช้เวลาในให้ความร้อนเท่าใด ก็ขึ้นอยู่กับว่าจะนำไปดูดซับอะไร การประยุกต์ใช้จึงจะเกิดประโยชน์สูงสุด [2]

ตารางที่ 1 แสดงค่าไอโอดีนนัมเบอร์ และผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณ

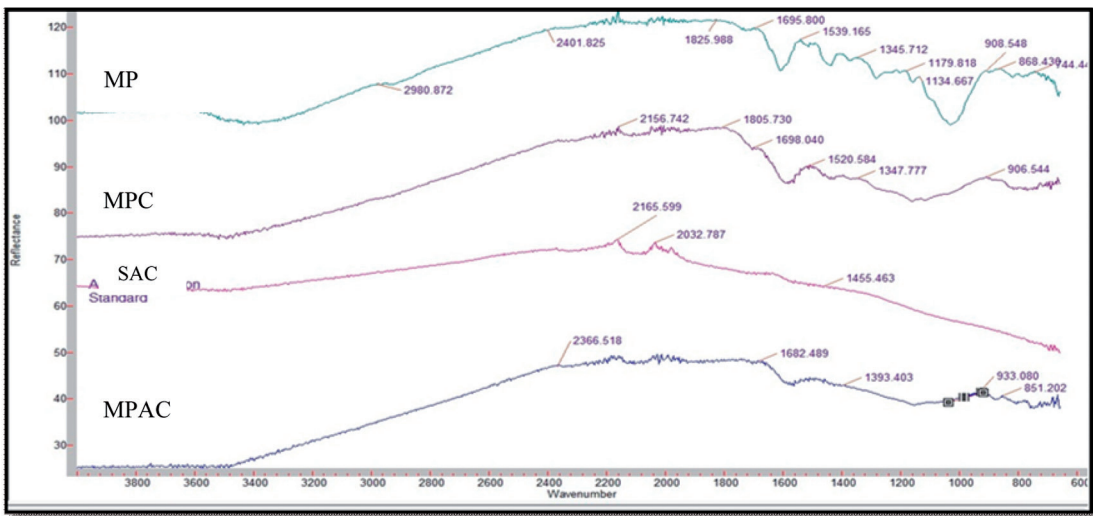
ชนิดถ่าน	สถานะกระตุ้น	ไอโอดีนนัมเบอร์(mg/g)	ร้อยละ ความชื้น	องค์ประกอบแบบประมาณร้อยละโดยน้ำหนัก		
				เถ้า	สารระเหย	คาร์บอนคงตัว
ถ่านกัมมันต์เกรดการค้า		1125.15	0.5	2.0		
เปลือกมังคุด		127.56	1.8262	3.8376	96.4062	1.7562
ถ่านเปลือกมังคุด		213.20	1.8277	5.9986	90.9453	3.0561
ถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุด	reflux(1:1)1hr	703.76	1.7913	6.2271	56.6611	37.1118
	reflux(1:1)2hr	798.52	2.1762	8.1328	54.9941	36.8731
	reflux(1:1)3hr	820.00	1.0681	5.6840	47.7502	46.5658
	reflux(1:1)4hr	818.46	2.2832	7.3086	51.6721	41.0193
	reflux(1:1)6hr	858.34	2.1086	6.9639	57.9237	35.1124
	reflux(1:1)8hr	886.82	1.4492	4.6752	58.9116	36.4132
	reflux(1:1)10hr	895.37	1.5921	9.4346	25.4782	65.0872



จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557

#### 4. ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันถ่านและถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดจากเทคนิคฟลูออรีทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

เมื่อเปรียบเทียบสเปกตรัมของถ่านเปลือกมังคุดและถ่านกัมมันต์ พบว่าในถ่านเปลือกมังคุดที่ไม่ได้รับการกระตุ้นจะมีแถบการสั่นอยู่ในช่วง  $3500-2500\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งเป็นแถบการสั่นของหมู่ O-H ในขณะที่ถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดไม่มีแถบการสั่นดังกล่าว เช่นเดียวกับแถบการสั่นอยู่ในช่วง  $1470-1350\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งเป็นแถบการสั่นของหมู่ C-H พบว่าเกิดสเปกตรัมของถ่านเปลือกมังคุด มากกว่าเมื่อถูกกระตุ้นเป็นถ่านกัมมันต์ รวมถึงแถบการสั่นอยู่ในช่วง  $1,750-1,540\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งเป็นการสั่นของหมู่ C=O หรือ  $\text{COO}^-$  สเปกตรัมของถ่านเข้มกว่าของถ่านกัมมันต์ อย่างเห็นได้ชัดเจน แสดงว่าในถ่านเปลือกมังคุดยังมีองค์ประกอบอินทรีย์เหลืออยู่หลายชนิด ส่วนในถ่านกัมมันต์การกระตุ้นด้วยซิงคลอไรด์ ทำให้หมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ สลายไปยังมีส่วนที่เป็นคาร์บอนเหลืออยู่คือสเปกตรัม  $2260-2100$ ,  $1680-1625$  และ  $1470-1350\text{ cm}^{-1}$  คือหมู่ฟังก์ชัน  $\text{C}\equiv\text{C}$ ,  $\text{C}=\text{C}$  และ C-H ซึ่งสเปกตรัมของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดใกล้เคียงหรือไม่แตกต่างจากถ่านกัมมันต์เกรดการค้า



ภาพที่ 2 แสดงสเปกตรัมของ Mangosteen Peel (MP), Mangosteen Peel Charco (MPC), Standard Activated Carbon (SAC) และ Mangosteen Peel Activated Carbon (MPAC) เมื่อวิเคราะห์ด้วย FT-IR

#### สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าเปลือกมังคุดเป็นชีวมวลที่มีศักยภาพเหมาะสมสำหรับการผลิตถ่านกัมมันต์ เนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของรูพรุนอย่างชัดเจน สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดคืออัตราส่วน 1:1 (ถ่าน:ซิงค์คลอไรด์) ใช้เวลาให้ความร้อน 3 ชั่วโมง ผลการทดลองได้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์เท่ากับ 820 มิลลิกรัมต่อกรัม ส่วนค่าความชื้นร้อยละ 1.07 ปริมาณแฉ่ำร้อยละ 5.68 ปริมาณสารระเหยร้อยละ 47.75 ปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 46.57 จากสเปกตรัม IR พบว่าแถบการสั่นของ หมู่ -OH, C-H, C=O และ  $\text{C}\equiv\text{C}$  ของถ่านเปลือกมังคุดเข้มกว่าสเปกตรัมของถ่านกัมมันต์ แสดงว่าในถ่านเปลือกมังคุดยังมีองค์ประกอบอินทรีย์เหลืออยู่หลายชนิด ส่วนในถ่านกัมมันต์การกระตุ้นด้วยซิงคลอไรด์ทำให้สารอินทรีย์ต่าง ๆ สลายตัวในรูปของสารระเหยและหมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ สลายไปเช่นกัน



จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557

### คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ทุนงบประมาณรายได้ 2556 ขอขอบคุณ

### เอกสารอ้างอิง

- [1] ปรีนทร เต็มญารศิลป์. (2551). การเตรียมและการวิเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะของถ่านกัมมันต์จากไผ่ตงและไผ่หมาจู้. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เคมี). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [2] Foo, K.Y., Hameed, B.H. (2011). Factors affecting the carbon yield and adsorption capability of the mangosteen peel activated carbon prepared by microwave assisted  $K_2CO_3$  activation. *Chem. Engin. J.* 180, 66-74.