

การศึกษาการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิสเมล็ดมะขามแบบช้า Studies on Usage of Products from Slow Pyrolysis of Tamarind Seed

รินลดา สิริแสงสว่าง¹ จรรยา โพธิ์บาย² ชนิภาญจน์ เพชรเลิศ² และธัญชนก เพ็ชรย้อย²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลิตภัณฑ์จากการไพโรไลซิสเมล็ดมะขาม ที่ทำการไพโรไลซิส ณ อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส โดย ทำการไพโรไลซิสแบบไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยา และแบบเติมซีโอไลต์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ที่ร้อยละ 0.25 และ 0.5 โดยน้ำหนัก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิส ประกอบด้วย ถ่านชาร์ น้ำมันไพโรไลซิส และก๊าซ ผลการศึกษาพบว่า การไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยาให้ผลผลิตเป็นน้ำมันสูงสุดเป็น ร้อยละ 36.79 และปริมาณก๊าซสูงสุดเป็นร้อยละ 37.80 เมื่อเติมตัวเร่งร้อยละ 0.25 โดยน้ำหนัก เมื่อนำน้ำมันที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบด้วย GC-MS พบว่าน้ำมันชั้นล่างมีองค์ประกอบที่เป็นกรดปริมาณมาก ขณะที่น้ำมันชั้นบนมีองค์ประกอบของสารฟีนอล ปริมาณมาก เมื่อนำน้ำมันชั้นบนมาวัดค่าทางความร้อนพบว่าได้ค่า 22.13 MJ/kg สำหรับถ่านชาร์ที่ได้จากการไพโรไลซิส ถูกนำมาศึกษาการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลู พบว่าถ่านชาร์ที่ได้จากการ ไพโรไลซิสแบบเติมตัวเร่งปฏิกิริยาแล้วนำไปผ่านการกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และกระตุ้นด้วยการเผา มีแนวโน้มที่จะสามารถดูดซับได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับถ่านชาร์ที่เตรียมด้วยวิธีที่ไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยา และแบบเติมตัวเร่งปฏิกิริยาแล้วนำไปผ่านการกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เพียงอย่างเดียว

คำสำคัญ: การดูดซับ เมล็ดมะขาม การไพโรไลซิสแบบช้า

Abstract

This research studied on the products from pyrolysis of tamarind seed. The reaction occurred at 400 °C. The effect of non-filled catalyst, filled zeolite as catalysts at 0.25 and 0.5% wt. on the product yield was investigated. The products from pyrolysis were char, pyrolysis oil and gas. The results showed that the highest yield of pyrolysis oil was 36.79% as non-using catalyst. The highest yield of gas was 37.80% as using 0.25%wt catalyst. The pyrolysis oil was analyzed by GC-MS. The main composite in lower and upper oil were carboxylic acid and phenol, respectively. The heating value of upper oil was 22.13 MJ/kg. The char which made from pyrolysis was used for study the adsorption of methylene blue.

¹อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

²นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

The results showed that char which was prepared from pyrolysis with 0.25%wt catalyst and then stimulated with potassium hydroxide and combustion tend to get the higher efficiency of adsorption than char which was prepared from non-catalyst pyrolysis and char which was prepared from pyrolysis with 0.25%wt catalyst and activated with potassium hydroxide.

Keywords: adsorption, tamarind seed, slow pyrolysis

1. บทนำ

การไพโรไลซิส (pyrolysis) คือ กระบวนการสลายตัวด้วยความร้อนภายใต้บรรยากาศแบบไร้ออกซิเจน โดยได้ผลิตภัณฑ์หลัก 3 ชนิด คือส่วนของแข็ง ส่วนนี้เป็นถ่านสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงและทำถ่านกัมมันต์ ส่วนของเหลวสามารถนำมาพัฒนาเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง สารเคมี และสารปราบศัตรูพืชได้ และส่วนสุดท้าย ส่วนของก๊าซใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้ม วัตถุดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการไพโรไลซิสมีหลายชนิด เช่น โพลีเมอร์ น้ำมันเครื่องใช้แล้ว หรือชีวมวล เป็นต้น สำหรับการไพโรไลซิสชีวมวล ในปัจจุบันได้รับความสนใจใน หลายๆ ประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศเกษตรกรรม เนื่องจากมีแหล่งชีวมวลจำนวนมาก โดยชีวมวลที่นำมาใช้ในกระบวนการไพโรไลซิสมีหลายชนิด เช่น กากขานอ้อย, เนื้อในเมล็ดปาล์ม [1,2] กากมันสำปะหลัง กะลาปาล์ม [2,3] และ ชี้อ้อย [3] เป็นต้น กระบวนการไพโรไลซิสชีวมวลแบ่งได้ 2 แบบ คือ การไพโรไลซิสแบบช้า (slow pyrolysis) และการไพโรไลซิสแบบเร็ว (fast pyrolysis) ถึงแม้ว่าจะยังไม่มีข้อกำหนดคำจำกัดความที่ถูกต้องเกี่ยวกับอัตราการให้ความร้อน และเวลาในการไพโรไลซิสสำหรับการไพโรไลซิสแบบช้าและแบบเร็ว แต่การไพโรไลซิสแบบช้าเป็นการไพโรไลซิสที่มีการใช้เวลาในการความร้อนอย่างช้าๆ แก่สารชีวมวลจนกระทั่งได้อุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียส ซึ่งกินเวลา

หลายนาที่หรือเป็นชั่วโมง [4] ส่วนการไพโรไลซิสแบบเร็ว จะมีอัตราการให้ความร้อนสูงมาก อุณหภูมิในการไพโรไลซิสอยู่ที่ประมาณ 500 องศาเซลเซียส และควบคุมเวลาที่ไอสารระเหยปล่อยออกมาต่ำกว่า 2 วินาที [5]

มะขามเป็นพืชที่มีการเพาะปลูกเป็นจำนวนมาก เนื้อมะขามสามารถแปรรูปได้อย่างหลากหลาย เช่น มะขามแก้ว มะขามสามรส และ น้ำมะขาม เป็นต้น มะขามสามารถปลูกได้ในดินแทบทุกชนิดแม้แต่ดินเลวหรือดินลูกรัง ส่วนเมล็ดเป็นวัสดุชีวมวลที่มีเหลือใช้ปริมาณมาก แต่มีการนำไปใช้ประโยชน์น้อย งานวิจัยนี้จึงสนใจในการเพิ่มมูลค่าเมล็ดมะขาม โดยการศึกษาความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเมล็ดมะขามด้วยการไพโรไลซิส โดยผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวจะได้น้ำมันชีวภาพ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็งนำไปทดสอบการดูดซับด้วยสารละลายเมทิลีนบลู

2. วัตถุดิบและอุปกรณ์

2.1 วัตถุดิบและสารเคมี

วัตถุดิบที่ใช้ คือ เมล็ดมะขาม นำไปลดขนาดด้วยเครื่องบดยี่ห้อ BOSCO และทำการคัดขนาดอนุภาคให้ได้ขนาดเมล็ดมะขาม 2.8–4 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปอบเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

สารเคมีที่ใช้ มีดังนี้

1. ซีโอไลท์ ยี่ห้อ Sigma
2. โซเดียมซัลเฟต ยี่ห้อ BDH
3. เมททีลีนบลู ยี่ห้อ Unilab
4. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ยี่ห้อ Univar

2.2 การทดสอบ

ทำการวิเคราะห์หองค์ประกอบของน้ำมันที่ได้จากการไพโรไลซิส ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิเตอร์ ยี่ห้อ Agilent รุ่น 6890N

ทำการวิเคราะห์ค่าทางความร้อนของน้ำมัน ไพโรไลซิสด้วยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ ยี่ห้อ Gallenkamp autobomb

ทำการวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาถ่านชาร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ยี่ห้อ JEOL รุ่น Jsm-S410LV

3. วิธีการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อการไพโรไลซิสเมล็ดมะขาม โดยนำเมล็ดมะขามที่เตรียมไว้ ปริมาณ 400 กรัม ใส่ในขวดก้นกลมขนาด 2 ลิตร ทำการทดลองเปรียบเทียบโดยการไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยา และเติมตัวเร่งปฏิกิริยาที่ร้อยละ 0.25 และ 0.5 โดยน้ำหนัก จากนั้นทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน ที่ความดันบรรยากาศ แล้วชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่เป็นถ่านชาร์และน้ำมัน เพื่อคำนวณร้อยละผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ สำหรับก๊าซได้จากการสมดุลมวล ต่อมาให้น้ำของเหลวที่ได้ใส่กรวยแยกทิ้งไว้เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จะได้ของเหลว 2 ชั้น น้ำของเหลวชั้นบนไปเติมโซเดียมซัลเฟต แล้วนำไปกวนเป็นเวลา 30 นาทีตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แยกโซเดียมซัลเฟตออกด้วยการกรองสุญญากาศ จากนั้นนำของเหลวชั้นบนไปวิเคราะห์หองค์

ประกอบทางเคมีด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิเตอร์ และทดสอบค่าความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์ แคลอรีมิเตอร์ ส่วนของเหลวชั้นล่างจะวิเคราะห์เพียงองค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิเตอร์ สำหรับถ่านชาร์ที่ได้จากการ ไพโรไลซิสแบบไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยาและเติมตัวเร่งปฏิกิริยาที่ร้อยละ 0.25 เปรียบเทียบโดยน้ำหนัก เตรียมตารางที่ 1 จากนั้นนำถ่านชาร์ที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

จากนั้นทำการศึกษาผลการดูดซับของถ่านชาร์โดยการเตรียมสารละลายสีเมททีลีนบลูความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วปิเปตสารละลายเมททีลีนบลู ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ นำถ่านที่ผ่านการเตรียมแล้วทั้ง 6 วิธี ปริมาณ 0.162 กรัม ใส่ในสารละลายเมททีลีนบลู กวนต่อเนื่องที่อุณหภูมิห้อง แล้วเก็บตัวอย่างที่เวลา 10, 30, 50, 70, 120 และ 150 นาที นำตัวอย่างที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้ความยาวคลื่น 665 นาโนเมตร หาประสิทธิภาพการดูดซับ

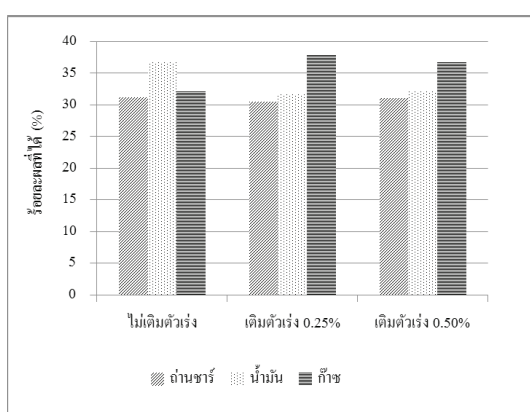
4. ผลการทดลอง

จากผลการทดลองกระบวนการไพโรไลซิสเมล็ดมะขามภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นถ่านชาร์ น้ำมัน และก๊าซ

โดยการศึกษาผลของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อการไพโรไลซิสเมล็ดมะขาม ในการทดลองนี้จะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ ที่ปริมาณร้อยละ 0.25 และ 0.5 โดยน้ำหนัก พบว่า ร้อยละผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 แสดงในรูปที่ 1 ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการไพโรไลซิส คือ ถ่านชาร์ น้ำมัน และก๊าซ

ตารางที่ 1 การเตรียมถ่านชาร์

การเตรียมถ่านชาร์	ถ่านชาร์ที่ได้จากการไพโรไลซิสแบบไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยา	ถ่านชาร์ที่ได้จากการไพโรไลซิสแบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา	แช่ในสารละลาย KOH นาน 8 ชั่วโมง	เผาด้วยความร้อน 500 °C นาน 90 นาที
1	X			
2		X		
3	X		X	
4		X	X	
5	X		X	X
6		X	X	X



รูปที่ 1 ผลการทดลองการไพโรไลซิสเมสตีคมะขามที่เติมและไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยา

จากรูปที่ 1 พบว่าปริมาณถ่านชาร์ในทุกการทดลองมีปริมาณใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาปริมาณของน้ำมันที่ได้เมื่อไม่เติมตัวเร่งกับ เติมตัวเร่งที่ร้อยละ 0.25 และ 0.50 โดยน้ำหนัก ผลผลิตเป็นร้อยละ 36.79, 31.76 และ 32.22 ตามลำดับ พบว่า การไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยาให้ปริมาณของเหลวสูงสุด และเมื่อเติมตัวเร่งปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์ประเภทก๊าซจะมีค่ามากที่สุด โดยมีค่าเป็น ร้อยละ 37.8 เมื่อเติมตัวเร่งปฏิกิริยาที่ปริมาณร้อยละ 0.25 โดยน้ำหนัก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Atutxa และคณะ [6] เมื่อเติมตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่าให้ปริมาณของก๊าซเพิ่มขึ้น และปริมาณของเหลวลดลง เมื่อเทียบกับเมื่อไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยา

จากการพิจารณาผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาต่อร้อยละผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ พบว่าการเพิ่มปริมาณตัวเร่งจากร้อยละ 0.25 เป็น 0.5 โดยน้ำหนัก ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่แตกต่างกัน

เมื่อนำน้ำมันที่ได้จากการศึกษาที่ไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยามาตั้งทิ้งไว้ พบว่าน้ำมันแบ่งเป็น 2 ส่วน น้ำมันชั้นบน และน้ำมันชั้นล่าง ซึ่งมีลักษณะเป็นน้ำมันสีน้ำตาล ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากการไพโรไลซิส

เมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยเครื่อง GC-MS พบว่าองค์ประกอบของน้ำมันชั้นล่างมีสาร 48 ชนิด ประกอบด้วยสารประกอบประเภท Carboxylic Acids, Furan derivatives, Phenol derivatives และ Ketones เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยสารประกอบที่ได้ส่วนใหญ่เป็นกรดองค์ประกอบที่ได้มีองค์ประกอบคล้ายกับน้ำมันคว้นไม้ ซึ่งนำมาใช้ในการเกษตรได้ดี ส่วนองค์ประกอบของน้ำมันชั้นบนมีสาร 67 ชนิด โดยส่วนใหญ่เป็นสารประกอบประเภท Phenols derivatives, Alkane and Cycloalkane และ Carboxylic Acids เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 3 และรูปที่ 3

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่ของน้ำมันชั้นล่าง

สารประกอบ	ร้อยละ
Carboxylic Acids	29.735
Furan derivatives	11.180
Phenol derivatives	10.114
Ketones	7.984
Other	40.987

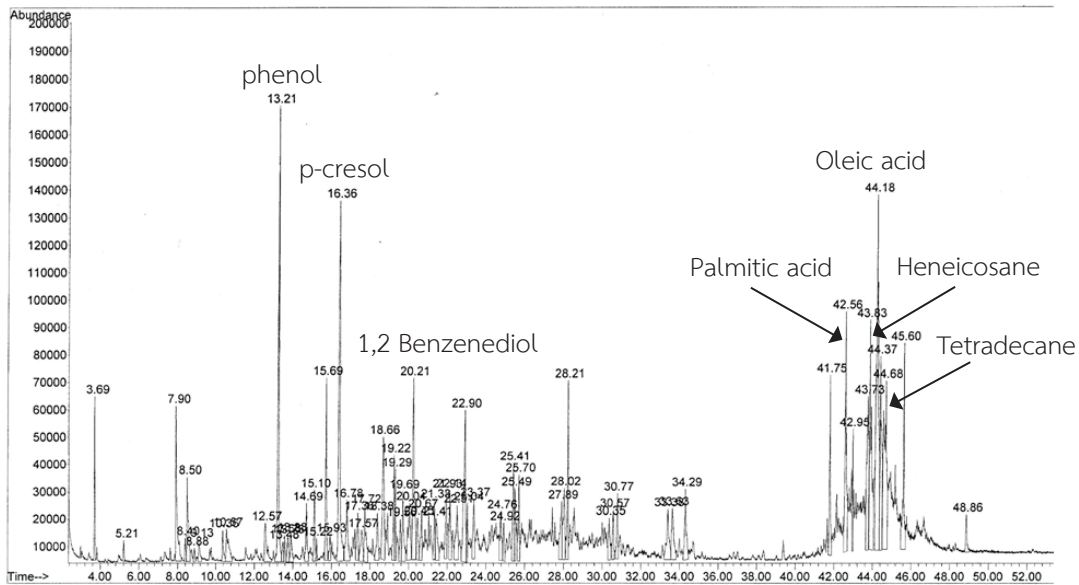
ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่ของน้ำมันชั้นบน

สารประกอบ	ร้อยละ
Phenols derivatives	25.984
Alkane & Cycloalkane	21.282
Carboxylic Acids	14.662
Other	38.072

น้ำมันที่ได้จากการไพโรไลซิสชั้นบนจะมีค่าความร้อนสูงกว่าน้ำมันชั้นล่าง [7] ในงานวิจัยนี้ได้นำน้ำมันชั้นบนที่ได้จากการไพโรไลซิสเมล็ดมะขามที่ไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยาทดสอบคุณสมบัติค่าทางความร้อนด้วยเครื่องบอมป์แคลอรีมิเตอร์ พบว่ามีคุณสมบัติทางความร้อนเป็น 22.13 MJ/kg เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันชีวภาพชนิดอื่นที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสพบว่าเป็นดังตารางที่ 4 โดยค่าความร้อนของน้ำมันชีวภาพยังคงมีค่าต่ำ เมื่อเทียบกับค่าทางความร้อนของน้ำมันดีเซล เนื่องจากน้ำมันชีวภาพมีองค์ประกอบของออกซิเจนอยู่มาก ทำให้ค่าทางความร้อนต่ำ [8] นอกจากนั้นพบว่าในน้ำมันที่ได้มีองค์ประกอบที่เป็นกรดอยู่ค่อนข้างมาก หากนำน้ำมันที่ได้ไปใช้งาน จะมีผลให้เกิดการกัดกร่อนกับวัสดุที่ใช้ ดังนั้นควรทำการปรับปรุงคุณภาพก่อนนำไปใช้

ตารางที่ 4 ค่าความร้อนของน้ำมันจากการไพโรไลซิสชีวมวล

น้ำมันจากการไพโรไลซิส	อุณหภูมิไพโรไลซิส (°C)	ค่าความร้อน (MJ/kg)	ที่มา
เมล็ดมะขาม	400	22.13	กรณีศึกษา
ขี้เลื่อย	450	18.63	[3]
กะลาปาล์ม	450	31.28	[3]
ดีเซลหมุนเร็ว	-	45.56	[9]

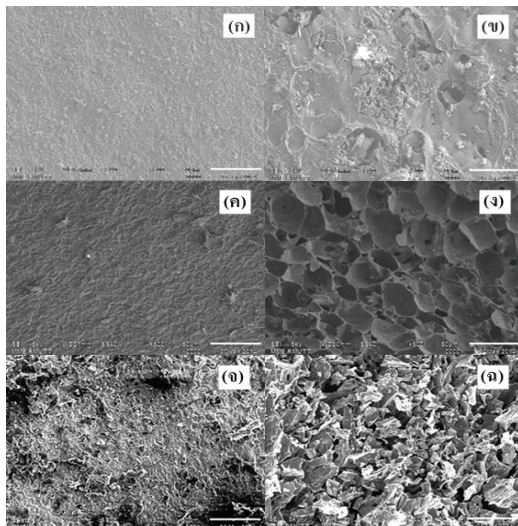


รูปที่ 3 สารประกอบของน้ำมันชั้นบนที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิเตอร์

ถ่านชาร์ที่ได้จากการไพโรไลซิสทั้งที่ไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยาและที่เติมตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 0.25 โดยน้ำหนัก ที่เตรียมดังตารางที่ 1 มาทำการวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และนำไปทำการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูได้ผลดังนี้

1) การวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยา

การวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาของถ่านชาร์ที่ได้จากการไพโรไลซิสเมล็ดมะขามโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 500 เท่า แสดงในรูปที่ 4 พบว่าถ่านชาร์ที่ได้จากการไพโรไลซิสแบบไม่เติมตัวเร่งมีพื้นผิวมีความขรุขระน้อยกว่าแบบเติมตัวเร่งปฏิกิริยา และพบว่าถ่านชาร์ที่ได้จากการไพโรไลซิสมาทำการกระตุ้นด้วยสารเคมี และการเผา ทำให้ลักษณะพื้นผิวมีความขรุขระเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการกระตุ้นถ่านน่าจะช่วยให้มีพื้นที่ผิวดูดซับสารมากขึ้น

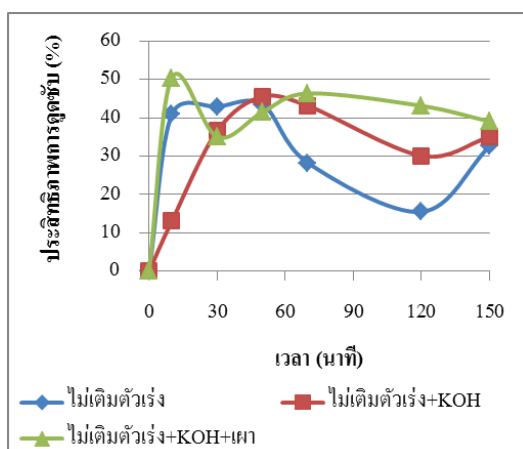


รูปที่ 4 ถ่านชาร์ที่ได้จากการไพโรไลซิสสถานะต่างๆ

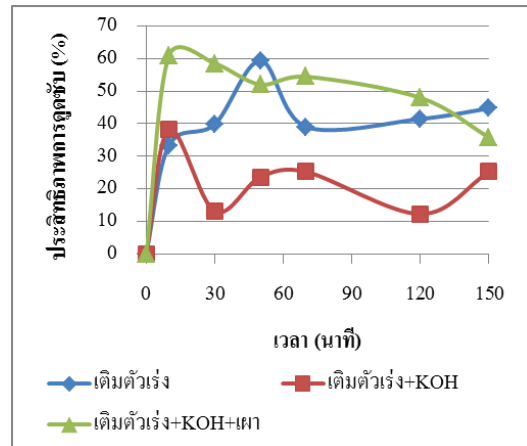
- (ก) ไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยาไม่กระตุ้น
- (ข) เติมตัวเร่งปฏิกิริยาโดยไม่กระตุ้น
- (ค) ไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยาที่กระตุ้นด้วย KOH
- (ง) เติมตัวเร่งปฏิกิริยาที่กระตุ้นด้วย KOH
- (จ) ไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยาที่ผ่านการกระตุ้นด้วย KOH และการเผา
- (ฉ) เติมตัวเร่งปฏิกิริยาและผ่านการกระตุ้นด้วย KOH และการเผา

2) ผลการทดสอบการดูดซับ

เมื่อนำถ่านชาร์ที่ได้จากการเตรียมด้วยวิธีการต่าง ๆ มาทำการทดสอบการดูดซับพบว่าประสิทธิภาพการดูดซับด้วยถ่านชาร์ที่ได้จากการไพโรไลซิสแบบไม่เต็มและเต็มตัวเร่งปฏิกิริยาแสดงในรูปที่ 5 และรูปที่ 6 ตามลำดับ ซึ่งพบว่า การดูดซับจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงประมาณ 10 นาทีแรก หลังจากนั้นประสิทธิภาพการดูดซับจะลดลง อาจเนื่องจากความแข็งแรงของแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของสารดูดซับและโมเลกุลที่ถูกดูดซับมีน้อย ทำให้เกิดการหลุดออกไปของโมเลกุลที่ถูกดูดซับ และเมื่อพิจารณาการเตรียมถ่านชาร์ทั้งแบบเต็มและไม่เต็มตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าการกระตุ้นถ่านด้วยสารเคมีร่วมกับการกระตุ้นด้วยความร้อนช่วยให้ถ่านมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูได้ดีขึ้นกว่าการกระตุ้นด้วยสารเคมีเพียงอย่างเดียว โดยประสิทธิภาพการดูดซับถ่านสูงสุด เป็น 60.99% ที่เวลาการดูดซับ 10 นาที สำหรับถ่านที่ได้จากการไพโรไลซิสแบบเต็มตัวเร่งปฏิกิริยาที่ผ่านการกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับการเผากระตุ้น



รูปที่ 5 ประสิทธิภาพการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลู โดยดูดซับด้วยถ่านชาร์ที่ได้จากการ ไพโรไลซิสแบบไม่เต็มตัวเร่งปฏิกิริยา



รูปที่ 6 ประสิทธิภาพการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลู โดยดูดซับด้วยถ่านชาร์ที่ได้จากการ ไพโรไลซิสแบบเต็มตัวเร่งปฏิกิริยา

5. สรุปผล

5.1 ที่สภาวะการทดลอง การเติมตัวเร่งปฏิกิริยาให้ปริมาณน้ำมันที่ได้ลดลง เมื่อเทียบกับกรณีไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยา แต่ให้ปริมาณของก๊าซเพิ่มขึ้น โดยปริมาณของของเหลวที่ได้สูงสุดเป็นร้อยละ 36.79 เมื่อไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ขณะที่ก๊าซที่ได้สูงสุดเป็นร้อยละ 37.80 เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 0.25 โดยน้ำหนัก ขณะที่ปริมาณของแข็งใกล้เคียงกันทุกการทดลอง

5.2 องค์ประกอบหลักของน้ำมันไพโรไลซิสที่ได้คือสารประกอบฟีนอลและกรดคาร์บอกซิลิก

5.3 ค่าความร้อนของน้ำมันชั้นบนที่ได้จากการกระบวนการไพโรไลซิสเมล็ดมะขามมีค่าเป็น 22.13 MJ/kg

5.4 ถ่านชาร์ที่ได้จากการไพโรไลซิสแบบเต็มตัวเร่งปฏิกิริยาแล้วนำไปผ่านการกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และกระตุ้นด้วยการเผา มีแนวโน้มที่จะสามารถดูดซับได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับถ่านชาร์ที่เตรียมด้วยวิธีอื่นๆ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องบดเมล็ดมะขาม และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด สำหรับการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Yongwoon, L., Jinje, P., Changkook, R., Ki, S.G., Wong, Y., Young-Kwon, P., Jinho, J. and Seunghun, H. 2013. Comparison of biochar properties from biomass residues produced by slow pyrolysis at 500 °C. Bioresource Technology. 148: 196-201.
- [2] ปิยรัตน์ วีระชาญชัย, ชัยยศ ตั้งสฤติย์กุลชัย และ มาลี ตั้งสฤติย์สฤติชัย. 2549. คุณลักษณะของน้ำมันชีวภาพจากการสลายมวลชีวภาพด้วยกระบวนการไพโรไลซิส. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2. 27-29 กรกฎาคม 2549.
- [3] จิดานันท์ ศรีกระจ่าง และ ฉัตรเกล้า มะชะศรี. 2552. การไพโรไลซิสชีวมวลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา. ปริญญาานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [4] Mohan, E., Pittman, Jr. and Steele, P.H. 2006. Pyrolysis of wood/biomass for bio-oil : a critical review. Energy & Fuels. 20: 848-889.
- [5] Bridgwater, A.V. 2003. Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass. Chemical Engineering Journal. 91: 87-102.
- [6] Atutxa, A., Aguado, R., Gayubo, A.G., Olazar, M. and Bilbao, J. 2005. Kinetic Description of the Catalytic Pyrolysis of Biomass in a Conical Spouted Bed Reactor. Energy & Fuels. 19: 765-774.
- [7] Yang, S.I., Wu, M.S. and Wu, C.Y. 2014. Application of biomass fast pyrolysis part I: Pyrolysis characteristics and products. Energy. 66: 162-171.
- [8] Lu, Q., Li W-Z and Zhu X-F. 2014. Overview of fuel properties of biomass fast pyrolysis oils. Energy Conversion and Management. 50: 1376-1383.
- [9] บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน). ค่าความร้อนดีเซล. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.pttplc.com/th/Media-Center/Energy-Knowledge/Documents/MD25%20knowledge02/hc_en_ee-01_01.pdf (29 พฤษภาคม 2558)