

การแตกตัวเชิงตัวเร่งของพอลิพรอพิลีนและพอลิสไตรีนบนตัวเร่งปฏิกิริยาฟลูอิด คะตะไลติกแครกกิ้งใช้แล้ว

CATALYTIC CRACKING OF POLYPROPYLENE AND POLYSTYLENE OVER SPENT FLUID CATALYTIC CRACKING CATALYST

วิชาการ จารุศิริ* สุพรทิพย์ ธนสินกิตติโชค** ปฐมทัศน์ จิระเดช***

*บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110 E-mail: witchakorn@swu.ac.th

** สาขาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120

***ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120

Witchakorn Charusiri* Supornthip Thanasinkitichot** Pathomthat Chiradeja***

*Graduate School, Srinakharinwirot University, Sukhumwit 23, Wattana, Bangkok 10110 E-mail: witchakorn@swu.ac.th

** Engineering Management Program, Faculty of Engineering , Srinakharinwirot University Ongkarak, Nakornnayok 26120

*** Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering , Srinakharinwirot University Ongkarak, Nakornnayok 26120

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการแตกตัวของพอลิพรอพิลีนและพอลิสไตรีนด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาฟลูอิดคะตะไลติกแครกกิ้งที่ผ่านการใช้แล้วเพื่อให้ได้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ทำการทดลองในเครื่องปฏิกรณ์ขนาดเล็บบนแบตช์ เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อการเปลี่ยนพลาสติกไปเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงประกอบด้วย อุณหภูมิ 390-440 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 30-60 นาที ความดันไฮโดรเจนเริ่มต้น 1-5 บาร์ สัดส่วนของพอลิพรอพิลีนและพอลิสไตรีน 60:40 บนตัวเร่งปฏิกิริยาฟลูอิดคะตะไลติกแครกกิ้งใช้แล้ว 2.5-10 % โดยใช้ออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของการเปลี่ยนเป็นน้ำมัน วิเคราะห์องค์ประกอบผลิตภัณฑ์ของเหลวจากการกระจายตัวตามคาบจุดเดือดด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีพร้อมซอฟต์แวร์จำลองการกลั่น พบว่าที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ความดันไฮโดรเจนเริ่มต้น 1 บาร์ ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที บนตัวเร่งปฏิกิริยาฟลูอิดคะตะไลติกแครกกิ้งที่ผ่านการใช้แล้ว 2.5 % โดยน้ำหนัก ให้ร้อยละผลได้ของเนฟทาสูงสุด ร้อยละ 68.35 เครอซีน ร้อยละ 15.40 ดีเซลร้อยละ 13.02 และ กากน้ำมันร้อยละ 3.23 โดยน้ำหนัก

คำสำคัญ : การแตกตัวเชิงตัวเร่งปฏิกิริยา ตัวเร่งปฏิกิริยาฟลูอิดคะตะไลติกแครกกิ้ง พอลิพรอพิลีน พอลิสไตรีน

Abstract

This research aims to study the catalytic cracking of polypropylene and polystyrene with spent Fluid Catalytic Cracking catalyst to liquid fuels in a batch microreactor. The experiments was carried out under various condition which affected to conversion of plastic to liquid fuels as following variables : temperature of 390-440 °C, reaction time of 30-60

minute, initial hydrogen pressure of 1-5 bars, ratio of polypropylene and polystyrene of 60:40 over spent Fluid Catalytic Cracking catalyst ranging 2.5 -10 % by weight. The two level factorial experimental design was performed to investigate the effect of variables of oil yield to determine the optimum condition. The product oil was analyzed by Simulated Distillation Gas Chromatography. The experiment found that catalytic cracking of polypropylene and polystyrene at temperature of 400°C, initial pressure of hydrogen gas 1 bar. reaction time of 60 minutes over spent FCC catalyst of 2.5% by weight and initial pressure of hydrogen 1 bar gave the highest conversion yield of naphtha 68.35 % kerosene 15.40% diesel 13.02% and long residue 3.23%

Key words: Catalytic cracking, Fluid catalytic cracking catalyst, Polypropylene, Polystyrene

1. บทนำ

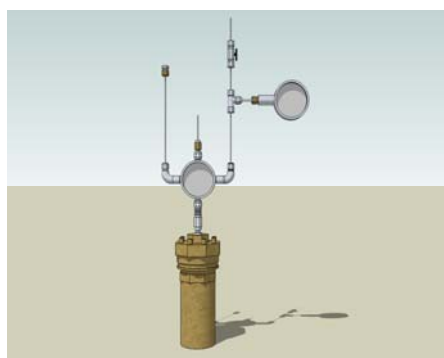
ปัจจุบันจากปริมาณการใช้พลาสติกและโฟมทั่วโลกที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนเป็นปัญหาขยะส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก ประเทศไทยมีปริมาณขยะทั่วประเทศ 14 ล้านตัน/ปี หรือวันละ 40,000 ตัน โดยเป็นขยะพลาสติกมากถึงร้อยละ 17 ประมาณ 2.4 ล้านตันต่อปี หรือ 6,000 ตันต่อวัน ซึ่งขยะพลาสติกต้องใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายนานหลายร้อยปี วิธีการนำพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ มีวิธีหลัก อยู่ 2 วิธี คือวิธีทางกายภาพ โดยการนำพลาสติกมาหลอมเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่ และ วิธีทางเคมี ที่จะเป็นการเปลี่ยนพลาสติกเป็นสารตั้งต้นที่มีคุณค่าหรือเพิ่มมูลค่าให้กับพลาสติก โดยแปรรูปให้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการปิโตรเคมี หรือการแปรรูปให้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยกระบวนการแตกตัว (Cracking) ซึ่งเป็นการ

แตกย่อยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักโมเลกุลสูงจนมีขนาดที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง[5] กระบวนการแตกตัวสามารถแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการหลัก คือ การแตกตัวด้วยความร้อน (Thermal Cracking) และการแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Cracking) การแตกตัวด้วยความร้อนอย่างเดียวกันต้องทำที่อุณหภูมิสูงและให้ความเลือกเกิดจำเพาะต่อผลิตภัณฑ์ต่ำ [5,6] ส่วนการแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถทำได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าและให้ความเลือกเกิดจำเพาะต่อผลิตภัณฑ์สูง กระบวนการในการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาขยะพลาสติกเพื่อเพิ่มมูลค่าของของเสียไปพร้อมกับการพัฒนาแหล่งพลังงานใหม่ นอกจากนี้จะเป็นการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าแล้วยังเป็นแหล่งพลังงานภายในประเทศด้วย [6,7] งานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะศึกษาการแตกตัวพลาสติกพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนเพื่อนำกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเหลวโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาฟลูอิดคตะไลติกแครกกิ่ง หรือ เอฟซีซี ที่ผ่านการใช้แล้ว เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาเอฟซีซี เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีความรุนแรงมักใช้ในอุตสาหกรรมเพื่อผลิตแก๊สโอเลฟินจากน้ำมัน เมื่อนำตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้แล้วมาทำปฏิกิริยาการแตกตัวของพลาสติกซึ่งมีองค์ประกอบของไฮโดรคาร์บอนมีขนาดเล็กกว่า การเสื่อมสภาพบางส่วนของตัวเร่งปฏิกิริยาเอฟซีซีจึงมีความรุนแรงลดลงลงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำมัน และเกิดแก๊สไฮโดรคาร์บอนน้อยลง

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 อุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการทดลองคือ เครื่องปฏิกรณ์ขนาดเล็กทำจากเหล็กกล้า SS316 ขนาด 70 มิลลิเมตร มีฝาปิดพร้อมชุดอุปกรณ์วัดความดันและวาล์วนิรภัย โดยใช้เทอร์โมคัปเปิลแบบเคเพื่อตรวจวัดอุณหภูมิภายในเครื่องปฏิกรณ์ โดยต่อเครื่องปฏิกรณ์ขนาดเล็กเข้ากับอุปกรณ์ควบคุมที่มีขดลวดความร้อนเป็นแหล่งให้ความร้อน และชุดควบคุมด้วยมอเตอร์สำหรับแกว่งเครื่องปฏิกรณ์ขนาดเล็กให้เกิดปฏิกิริยาภายในได้อย่างทั่วถึง



รูปที่ 1. เครื่องปฏิกรณ์แบบแบตช์ที่ใช้ในการทดลอง

2.2 วิธีการทดลอง

ใช้การออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม 2k แฟกทอเรียล [4] เพื่อหาอิทธิพลของตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่อการเปลี่ยนสารตั้งต้นไปเป็นเนฟทาในปริมาณที่ดีที่สุด โดยออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลสองระดับโดยใช้โปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 15 ร่วมกับ Design expert เวอร์ชัน 6.0.10 การทดลองจะมีทั้งหมด 8 สภาวะ ในแต่ละสภาวะจะมีการทำซ้ำสองครั้งและมีการทดลองค่ากลาง 4 ครั้ง รวมทั้งจะมีการทดลองที่แกนเพื่อเพิ่มการหมุนของโครงสร้าง

ตารางที่ 1. การออกแบบการทดลอง

ตัวแปร	ระดับต่ำ (-)	ระดับสูง (+)
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส),A	390	440
เวลา (นาที),B	30	60
ร้อยละโดยน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยา (เปอร์เซ็นต์),C	2.5	10

ตารางที่ 2 การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลสองระดับ

Temperature (°C)	time (min)	weight catalyst (%)	Treatment combination		
390	30	2.5	-	-	-
440	30	2.5	+	-	-
390	60	2.5	-	+	-
440	60	2.5	+	+	-
390	30	2.5	-	-	+
440	30	2.5	+	-	+
390	60	10	-	+	+
440	60	10	+	+	+
415	45	6.25	0	0	0
457	45	6.25	+ α	0	0
373	45	6.25	- α	0	0
415	70.2	6.25	0	+ α	0
415	19.8	6.25	0	- α	0
415	45	2.51	0	0	+ α
415	45	0	0	0	- α

เตรียมสารตั้งต้นและเติมตัวเร่งปฏิกิริยาในปริมาณที่กำหนดไว้ในแต่ละการทดลองลงในเครื่องปฏิกรณ์ขนาดเล็ก ใส่อากาศที่อยู่ภายในออกโดยผ่านแก๊สไฮโดรเจน แล้วอัดแก๊สไฮโดรเจนจนได้ความดันที่ต้องการ ตรวจสอบรอยรั่วของแก๊สด้วยน้ำสบู่ตามข้อต่อของเครื่องปฏิกรณ์ แล้วนำเครื่องปฏิกรณ์ต่อเข้ากับชุดควบคุม เทอร์โมคัปเปิลและอุปกรณ์ขดลวดความร้อน หุ้มด้วยฉนวน เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนระหว่างการทดลองทำการทดลองตามอุณหภูมิและเวลาที่กำหนด แล้วหยุดปฏิกิริยาเมื่อครบกำหนด ทั้งเครื่องปฏิกรณ์จนอุณหภูมิใกล้เคียงอุณหภูมิห้อง แล้วจึงแยกผลิตภัณฑ์น้ำมันออกจากกากของแข็งด้วยการกรองแบบสุญญากาศ นำผลิตภัณฑ์น้ำมันและกากของแข็งที่ได้ไปชั่งน้ำหนัก นำผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้ไปวิเคราะห์

ด้วยเครื่อง Simulated Distillation Gas Chromatography เพื่อวิเคราะห์ค่าการกระจายขององค์ประกอบผลิตภัณฑ์น้ำมันในช่วงคาบจุดเดือดที่อุณหภูมิต่างๆ และวิเคราะห์องค์ประกอบสารเคมีที่เกิดขึ้นคำนวณร้อยละผลได้ของเชื้อเพลิงเหลว ร้อยละการเปลี่ยนแปลง และร้อยละผลได้ของเนฟทา

$$\text{ร้อยละผลได้} = \frac{\text{น้ำหนักเชื้อเพลิงเหลวที่ได้} \times 100}{\text{น้ำหนักสารตั้งต้นเริ่มต้น}} \quad (1)$$

$$\text{การเปลี่ยนแปลง} = \frac{\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์น้ำมันที่เกิดขึ้น} \times 100}{\text{น้ำหนักสารตั้งต้นเริ่มต้น}} \quad (2)$$

$$\text{การเปลี่ยนแปลงของเนฟทา} = \frac{\% \text{ของเชื้อเพลิงเหลวที่ได้} \times \% \text{ของเนฟทา}}{100} \quad (3)$$

วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของเนฟทา ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectrophotometer การแปลความหมายพิจารณาแถบการดูดกลืน Infrared spectrum

คำนวณหาค่าออกเทนของเนฟทา โดยใช้เทคนิค ^1H Nuclear Magnetic Resonance Spectrometry [1,2] ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งเป็นส่วนประกอบในน้ำมันแก๊สโซลีน โดยละลายเนฟทาใน Deuterated Chloroform CD_3Cl_2 มีความเข้มข้น 30% Volume% และเติม Tetramethylsilane (TMS) เพื่อให้เกิดบริเวณอ้างอิง Chemical Shift สำหรับอ้างอิงในการแปลผลบนเครื่อง Magnetic Resonance Spectrometry

ตารางที่ 3. ช่วง Chemical Shift ของโปรตอนแต่ละชนิด

Proton type	Chemical shift region
Ring aromatics	6.6 – 8.0 ppm (A)
Olefin	4.5 – 6.0 ppm (B)
a-Methyl	2.0 – 3.0 ppm (C)
Methine (paraffins)	1.5 – 2.0 ppm (D)
Methene (paraffins)	1.0 – 1.5 ppm (E)
Methyl (paraffins)	0.6 – 1.0 ppm (F)

นำพื้นที่ใต้กราฟในช่วงของ chemical shift ต่าง ๆ มาใส่ค่าตามสมการ (4) ถึง (6) ตามวิธีการของ Myer [1] เพื่อหาปริมาณของอะโรมาติก พาราฟินส์ และโอเลฟินส์

Aromatics, vol% =

$$\frac{(A+C/3)0.97 \times 10^2}{[(A+C/3)0.97 + (D+2B+E/2+F/3)1.02 + 3.33B]} \dots (4)$$

$$\text{Paraffins, vol\%} = \frac{[(D-2B+E/2+F/3)1.02 \times 10^2]}{[(A+C/3)0.97 + (D-2B+E/2+F/3)1.02 + 3.33B]} \dots (5)$$

$$\text{Olefins, vol\%} = \frac{[3.33B \times 10^2]}{[(A+C/3)0.97 + (D-2B+E/2+F/3)1.02 + 3.33B]} \dots (6)$$

และนำไปคำนวณหาเลขออกเทน [1,2] ได้จากสมการ

$$\text{Isoparaffins index } (\text{CH}_3 : \text{CH}_2) = 2F : 3E \dots (7)$$

$$\text{RON} = A + B(\text{isoparaffins index}) + C(\text{aromatics}) + D(\text{lead}) + E(\text{sulfur}) \dots (8)$$

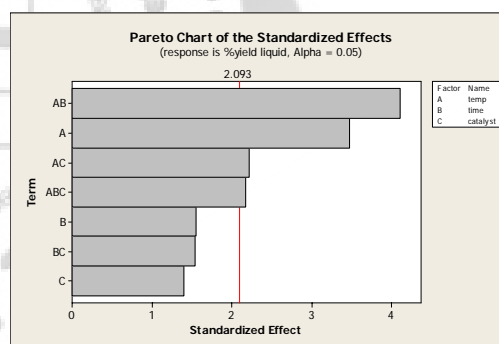
$$\text{MON} = F + G(\text{isoparaffins index}) + H(\text{aromatics}) + I(\text{lead}) + J(\text{sulfur}) \dots (9)$$

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

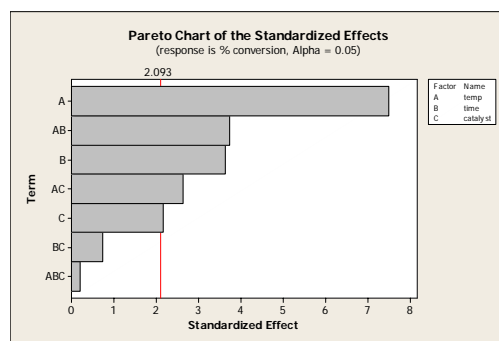
3.1 การหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา

ผลที่ได้จากการทดลองการแตกตัวเชิงเร่งปฏิกิริยาให้ ค่าร้อยละผลได้ของเชื้อเพลิงเหลวจะอยู่ที่ช่วง 32.23-71.55 ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงในช่วง 76.78-98.54 และค่าร้อยละผลได้ของเนฟทายุในช่วง 12.72-40.60 ตามลำดับ การเพิ่มอุณหภูมิและร้อยละโดยน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีผลทำให้ค่าร้อยละผลได้ของเชื้อเพลิงเหลวมีค่าลดลง แต่การเพิ่มเวลาในการทำปฏิกิริยาทำให้ค่าร้อยละผลได้ของเชื้อเพลิงเหลวมีค่าเพิ่มขึ้น

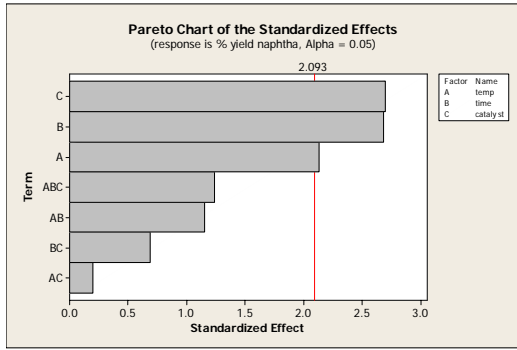
จากการคำนวณ ANOVA เพื่อหาว่าตัวแปรที่มีผลต่อค่าตอบสนอง จากรูปที่ 2 จะพบว่า อุณหภูมิ อันตรกิริยาระหว่างอุณหภูมิกับเวลาในการทำปฏิกิริยา อันตรกิริยาระหว่างอุณหภูมิกับร้อยละโดยน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยาและอันตรกิริยาระหว่างสามตัวแปร จะเป็นตัวแปรหลักที่มีผลต่อค่าร้อยละผลได้ของเชื้อเพลิงเหลว



รูปที่ 2. แผนภาพพาเรโตแสดงปัจจัยที่มีผลต่อร้อยละผลได้ของเชื้อเพลิงเหลว



รูปที่ 3. แผนภาพพาเรโตแสดงปัจจัยที่มีผลต่อร้อยละการเปลี่ยนแปลง



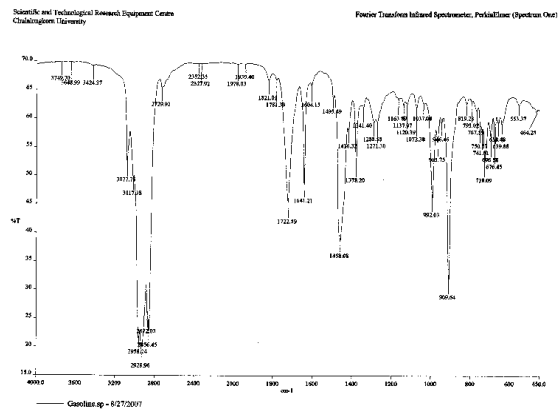
รูปที่ 4. แผนภาพพาเรโตแสดงปัจจัยที่มีผลต่อร้อยละผลได้ของเนฟทา

รูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าตัวแปรที่มีผลต่อค่าตอบสนองของร้อยละการเปลี่ยนคือ อุณหภูมิ เวลาในการทำปฏิกิริยา และร้อยละโดยน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยา อันตรกิริยาระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการทำปฏิกิริยาและอันตรกิริยาระหว่างอุณหภูมิและร้อยละโดยน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยา สามารถอธิบายได้จากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิที่สูงจะมีบทบาทอย่างมากต่อการเปลี่ยนโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดใหญ่นั้นแตกตัวเป็นโมเลกุลขนาดเล็กได้ดีขึ้น รวมถึงบทบาทของตัวเร่งปฏิกิริยาฟลูออรีนอะไซด์ที่แตกตัวและส่งผลต่อการแลกเปลี่ยนไฮโดรเจนที่ผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้เฉพาะโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็กจัดโครงสร้างเป็นโมเลกุลจำพวกเนฟทาและเคโรซีนได้ดียิ่งขึ้น แต่ที่ภาวะอุณหภูมิสูงมากจะทำให้โมเลกุลไฮโดรคาร์บอนที่มีขนาดเล็กเหล่านั้นแตกตัวต่อไปจากอิทธิพลของอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น ทำให้เกิดเป็นแก๊สไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็กจำพวก C₁-C₄ จำนวนมาก โดยที่อุณหภูมิสูงทำให้ปฏิกิริยาการแตกตัวด้วยความร้อนเร็วกว่าการแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้เกิดเป็นโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ขนาดเล็กและเมื่อยังเกิดปฏิกิริยาภายในเครื่องปฏิกรณ์ต่อไปทำให้โมเลกุลขนาดเล็กเหล่านั้นแตกตัวด้วยความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยาต่อไปได้เป็นแก๊สไฮโดรคาร์บอน นอกจากนี้ที่อุณหภูมิสูงมากทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยาเกิดโค้กทำให้พื้นที่ผิวลดลง ไม่สามารถช่วยในการถ่ายโอนไฮโดรเจน ซึ่งผลของเกิดเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วทำให้การแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูงไม่ค่อยมีบทบาท

3.2 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

เมื่อนำของเหลวที่ได้ไปกลั่นในเครื่องกลั่นลำดับส่วนเพื่อแยกเนฟทาในช่วงของการประมาณการณ์น้ำมันดิบอย่างคร่าว (Crude oil evaluation) แล้ววิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่อง FT-IR ให้หมู่ฟังก์ชันเป็นวงแหวนอะโรมาติก (aromatic) เป็นองค์ประกอบหลักจำนวนมาก และผลิตภัณฑ์น้ำมันที่เกิดขึ้นมีหมู่ฟังก์ชันเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจำพวกอะลิฟาติกที่มีโครงสร้างเป็นวงที่มีคาร์บอน 5 – 6 โมเลกุล และแสดงความเป็นอะโรมาติก (Aromatic compound) ในรูปที่ 5 โดยปรากฏที่ 1600 และ 1500 cm⁻¹ ของพันธะคู่ของ C=C ในเอโรแมติก พีกที่ 1700 cm⁻¹ ของหมู่ฟังก์ชันของคาร์บอนิล (carbonyl group) พีกที่ 1495 cm⁻¹ ของหมู่ฟังก์ชันของเมทิลีน (methylene group) และ 1400 cm⁻¹ ของหมู่ฟังก์ชันของเมทิล (methyl group) ส่วนพีกที่เห็นชัดเจนที่ 900 cm⁻¹ ถึง 690 cm⁻¹ ของวงแหวนเบน

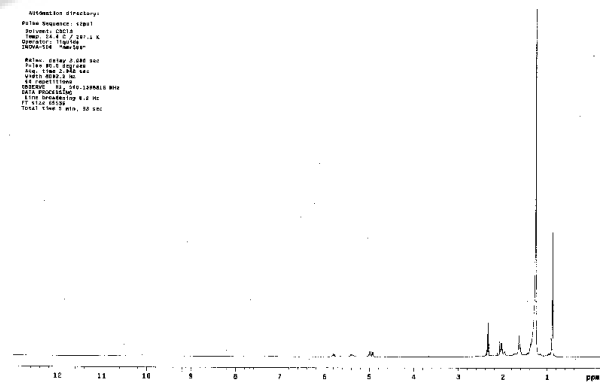
ซีน พีกที่ 2900 cm⁻¹ ของ C - H (stretching) ส่วนที่ 3000 cm⁻¹ และ 3100 cm⁻¹ ของ = CH ในเอโรแมติกด้วย แสดงว่าพอลิพโรพิลีนและพอลิสไตรีนเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการแตกตัวเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลเล็ก ๆ รวมถึงพอลิพโรพิลีนซึ่งมีโครงสร้างไฮโดรคาร์บอนไม่ใหญ่มาก ไม่ซับซ้อน สามารถแตกตัวได้ง่าย มีส่วนช่วยให้โมเลกุลไฮโดรคาร์บอนเหล่านั้นมีขนาดเล็กลงจึงจะพบว่ามีหมู่ฟังก์ชันเป็นเมทิล (methyl group) เกิดขึ้น ส่วนความเป็นเอโรแมติกเกิดขึ้นเนื่องมาจากการแตกตัวของพอลิพโรพิลีนทำให้ได้สารประกอบเอโรแมติกโดยผลของตัวเร่งปฏิกิริยามีส่วนช่วยให้โมเลกุลไฮโดรคาร์บอนเหล่านั้นมีขนาดเล็กลงและปรับเปลี่ยนโครงสร้างหรือจัดรูปใหม่ให้เหมาะสมมีลักษณะและความเป็นเอโรแมติกเกิดขึ้นจากผลของการถ่ายโอนไฮโดรเจนที่ผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา



รูปที่ 5 FT-IR Spectrum ของเนฟทาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ความดันไฮโดรเจนเริ่มต้น 1 บาร์ ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที บนตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซี ใช้แล้ว 2.5 % โดยน้ำหนัก

3.3 การวิเคราะห์ค่าออกเทนของเนฟทา

คำนวณหาค่าออกเทนของเนฟทา โดยใช้เทคนิค ¹H Nuclear Magnetic Resonance Spectrometry เทียบกับ Chemical Shift อ้างอิงเพื่อคำนวณหาค่าออกเทน แสดงดังตารางที่ 4



รูปที่ 6. ¹H NMR Spectrum ขององค์ประกอบเนฟทา

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าออกเทนของแก๊สและน้ำมันเบนซิน

ตัวอย่าง	%aromatic	%paraffins	%olefins	อัตราส่วน ไฮโดรเจนต่อ คาร์บอน	ดัชนีไอโซ พาราฟินส์	RON	MON
CC-G1	7.50	29.92	59.74	0.81	1.56	88.26	79.71
ULG91	8.85	59.93	13.63	1.15	1.82	91.37	83.18

ปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง. รายงานวิทยุทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช.
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

6. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาภาวะที่เหมาะสมของการแตกตัวของพอลิพรอพิลีนและพอลิสไตรีนด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาฟลูออรีนอะไซด์และโครเมียมออกไซด์แล้ว โดยตัวเร่งปฏิกิริยายังมีประสิทธิภาพในการช่วยแตกตัวของโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนไปเป็นของเหลวที่มีสมบัติใกล้เคียงน้ำมันเบนซิน พบว่าภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ค่าร้อยละผลได้ของเชื้อเพลิงเหลว ร้อยละการเปลี่ยนและร้อยละผลได้ของแก๊สมากที่สุดคือที่อุณหภูมิ 400 °C เวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาทีและร้อยละโดยน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยาเท่ากับ 2.5 โดยตัวแปรที่มีผลต่อร้อยละผลได้ของเชื้อเพลิงเหลวคือ A AB AC ABC ตัวแปรที่มีผลต่อร้อยละการเปลี่ยนคือ A AB B AC C และตัวแปรที่มีผลต่อร้อยละผลได้ของแก๊สคือ A B C เมื่อ A B และ C คืออุณหภูมิ เวลาในการทำปฏิกิริยาและร้อยละผลได้ของแก๊ส ตามลำดับ ภาวะที่เหมาะสมให้ร้อยละผลได้ของแก๊ส ร้อยละ 68.35 เคโรซีนร้อยละ 15.40 ดีเซลร้อยละ 13.02 และ กากน้ำมันร้อยละ 3.23 โดยน้ำหนัก

- [6] ศิริรัตน์ จิตการคำ. (2551) จากขยะสู่น้ำมัน: เทคโนโลยีผลิตพลังงานทางเลือกที่ดูแลสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [7] ศิลป์ธำรา ทศนปรัชญานนท์, ธราพงษ์ วิทิตตานนท์, และ วิชชากร จารุศิริ. (2550) การแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้ไฮโดรเจนร่วมของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วบนเหล็กถ่านกัมมันต์โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบท่อ. วารสารพลังงาน 8 : 13-22.

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และขอขอบพระคุณภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์สำหรับงานวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Myers. M.E., J.Stollsteimer and A.M. Wims. (1975). Determination of hydrocarbon-type Distribution and hydrogen/carbon ratio of gasoline by nuclear magnetic Resonance spectrometry. *Anal Chem.* 47 : 2010-2015.

[2] Myers. M.E., J.Stollsteimer and A.M. Wims. (1975). Determination of gasoline octane numbers from chemical composition. *Anal Chem.* 47 : 2301-2304.

[3] Chaeles N. Satterfield. (1991) Heterogeneous Catalysis in Industrial Practice (2nd ed.) USA : McGraw-Hill.

[4] Douglas C. Montgomery. (2001) Design and Analysis of Experiments (5th ed.) USA : John Wiley& Sons.

[5] วิชชากร จารุศิริ. (2550) การแตกตัวของน้ำมันพืช น้ำมันหล่อลื่น และพอลิพรอพิลีนใช้แล้วด้วยความร้อนเป็นแก๊สไฮโดรเจนบนเครื่อง