

บทที่ 4

ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในกระบวนการร่วมของการทำถ่านหินเป็นน้ำมัน พบว่ามีปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องต่อการเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์ โดยในงานวิจัยทำการศึกษาดังปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการร่วมของพอลิพรอพิลีนกับลิกไนต์ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากกะลาปาล์ม น้ำมันโดยตัวแปรที่ทำการศึกษาคือตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์เพื่อศึกษาผลของเปอร์เซ็นต์เหล็ก และปริมาณน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ผลของอุณหภูมิ ความดันแก๊สไฮโดรเจน และเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

4.1 สมบัติของวัตถุดิบ

4.1.1 สมบัติเบื้องต้นของลิกไนต์และ พอลิพรอพิลีน มีดังต่อไปนี้

- การวิเคราะห์แบบประมาณ^a (proximate analysis)

		ลิกไนต์	พอลิพรอพิลีน
ปริมาณเถ้า (Ash)	ร้อยละ	40.3936	0.5041
ปริมาณสารระเหย (VM)	ร้อยละ	37.7096	98.6508
ปริมาณคาร์บอนคงตัว (FC)	ร้อยละ	21.8968	0.8451

a = dry basis

- การวิเคราะห์ส่วนประกอบของเชื้อเพลิง (ultimate analysis)

		ลิกไนต์	พอลิพรอพิลีน
คาร์บอน (C)	ร้อยละ	35.256	83.510
ไฮโดรเจน (H)	ร้อยละ	3.542	14.203
ไนโตรเจน (N)	ร้อยละ	1.468	0.800
ซัลเฟอร์ (S)	ร้อยละ	3.967	0.010
ออกซิเจน (O)	ร้อยละ	15.372	0.973

จากตารางแสดงสมบัติของสารตั้งต้นพบว่าลิกไนต์ที่นำมาใช้ในงานวิจัยมีคุณภาพที่ไม่ดีนัก เนื่องจากมี % คาร์บอนต่ำคือ 35.256 % อีกทั้งยังมีปริมาณเถ้าสูงถึง 40.4 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับงานวิจัยของ Toshiyuki Kanno [41] ซึ่งมี % คาร์บอนสูงถึง 67.2 % และมีปริมาณเถ้าน้อยมากคือ 1.1 % และพบว่าในส่วนของ การวิเคราะห์พอลิพรอพิลีนให้ค่าปริมาณการระเหยสูงกว่าลิกไนต์มาก และนอกจากนี้ยังมี % C และ % H สูงกว่าลิกไนต์อีกด้วย

4.1.2.สมบัติทางกายภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา

- พื้นที่ผิววูพรุนทั้งหมด (S_{BET})			
1 % Fe / A.C.	559	ตารางเมตร / กรัม	
5 % Fe / A.C.	570	ตารางเมตร / กรัม	
10 % Fe / A.C	657	ตารางเมตร / กรัม	

จากการวิเคราะห์พื้นที่ผิวทั้งหมดของตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กที่เตรียมได้ พบว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มมากขึ้น จะให้พื้นที่ผิวสูงขึ้นด้วยเช่นกัน เนื่องจากปริมาณโลหะที่เติมลงไปจะไปช่วยให้มีพื้นที่ผิวสูงขึ้น

4.2 ศึกษาผลของปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อกระบวนการร่วม

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาค่าผลของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่าการเปลี่ยนแปลงไปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมัน ของกระบวนการร่วมพอลิพรอพิลีนและลิกไนต์โดยเติมตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนด่างกันมันต์ที่เตรียมจากกะลาปาล์มน้ำมัน โดยในงานวิจัยนี้จะเสนอผลการทดลองออกเป็นสองส่วน โดยส่วนแรกจะพิจารณาจากปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันเมื่อทำการเปลี่ยนตัวแปรที่ศึกษา และส่วนที่สองแสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันโดยเครื่อง simulated distillation G.C. ที่ภาวะที่ได้ปริมาณน้ำมันมากที่สุด

4.2.1 ผลของตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนด่างกันมันต์จากกะลาปาล์ม โดยแบ่งการศึกษาออกเป็นดังนี้

- การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของเหล็กบนด่างกันมันต์
- ปริมาณน้ำหนักรวมของตัวเร่งปฏิกิริยา

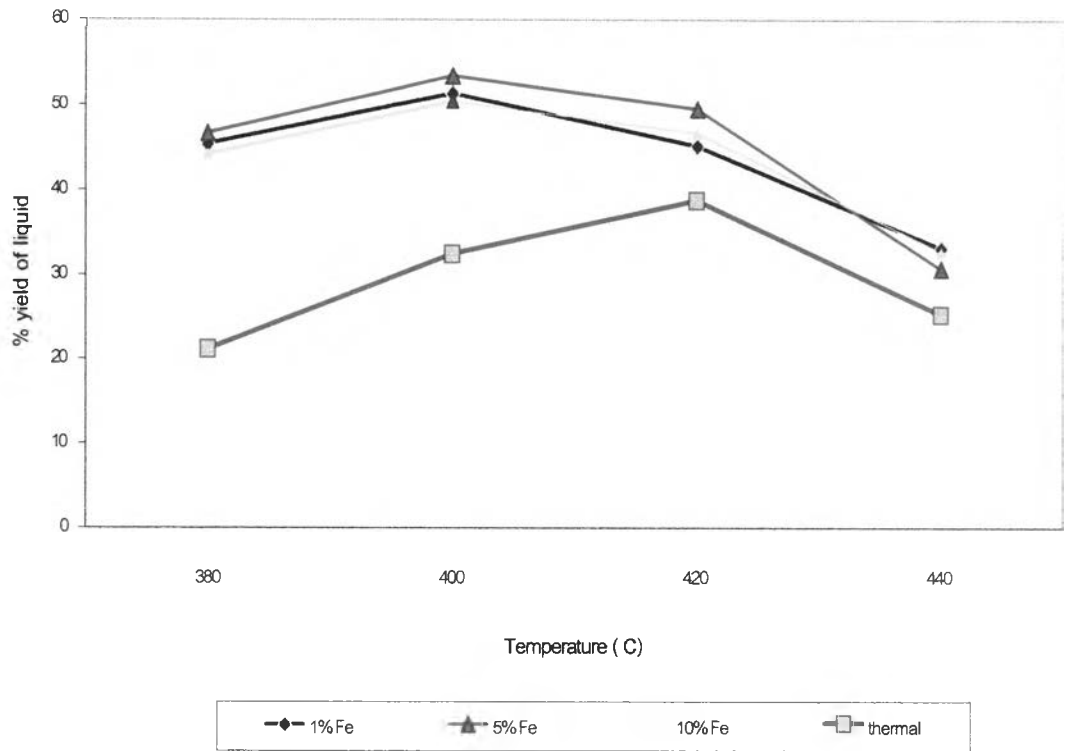
4.2.1.1 การเปรียบเทียบ % Fe / A.C.

งานวิจัยได้ทำการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนด่างกันมันต์จากกะลาปาล์มน้ำมัน โดยทำการเปลี่ยนเปอร์เซ็นต์เหล็กเป็น 1%, 5%, 10% และไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยา โดยทำการศึกษาดังอุณหภูมิที่มีต่อตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กทำการทดลองที่อุณหภูมิ 380, 400, 420 และ 440 °C ความดันแก๊สไฮโดรเจน 62 บาร์ เป็นเวลา 30 นาที โดยใช้อัตราส่วนของพอลิพรอพิลีนกับลิกไนต์เป็น 12: 3 จำนวน 15 กรัมแสดงดังรูป 4.1 พบว่าที่อุณหภูมิ 400 °C ให้ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันสูงและให้ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์สูง โดยปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากกระบวนการเติมตัวเร่งปฏิกิริยามีค่าใกล้เคียงกันคือ 51.33%, 53.36% และ 50.32% ส่วนระบบที่ไม่มีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยามีปริมาณน้ำมันเป็น 32.37% ดังนั้นจึงทำการศึกษาค่าผลของเปอร์เซ็นต์เหล็กว่ามีผลต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์โดยใช้เครื่อง simulated distillation G. C. โดยเลือกภาวะที่ให้ปริมาณน้ำมันสูงที่สุด ในที่นี้คือที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ความดันแก๊สไฮโดรเจน 62 บาร์

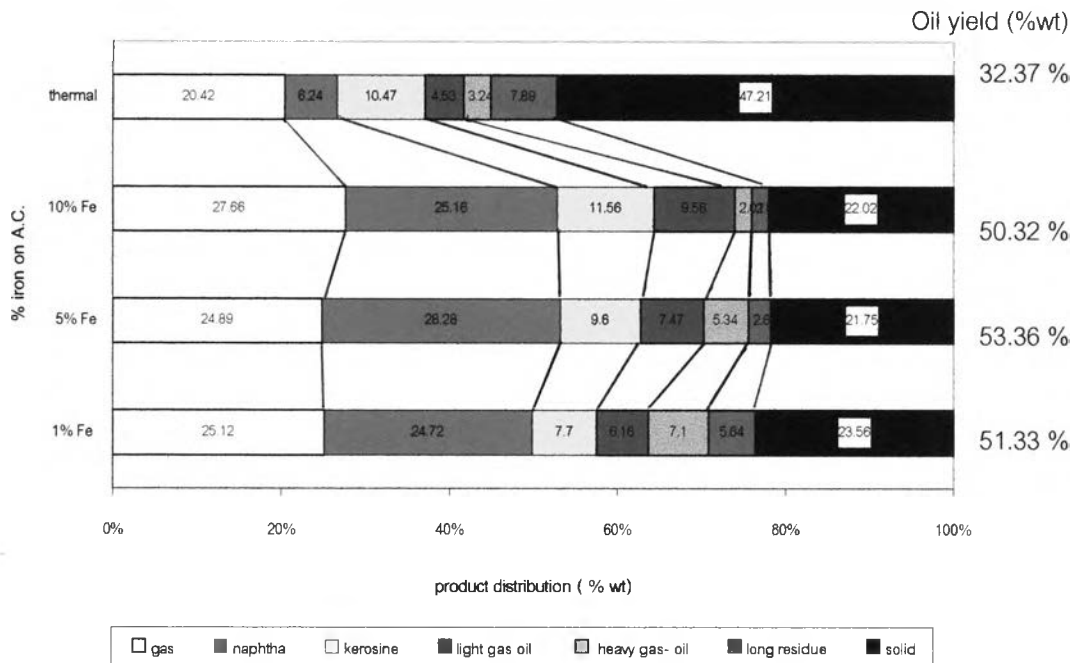
เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเป็น 30 นาที แสดงดังรูปที่ 4.2 พบว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์เหล็กบนถ่านกัมมันต์เปลี่ยนแปลงไป ช่วงการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์มีค่าใกล้เคียงกัน คือมีส่วนของผลิตภัณฑ์น้ำมันแนฟทา และแก๊สไฮโดรคาร์บอนสูง และยังให้ช่วง คีโรซีนและแก๊สออยล์ ต่ำ

เมื่อเปรียบเทียบผลของการเติม และไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่าในกระบวนการที่ไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยาจะเกิดผลิตภัณฑ์แนฟทาน้อยมาก และมีส่วนที่เป็นของแข็งจำนวนมากซึ่งส่วนใหญ่มาจากลิกไนต์ สามารถอธิบายได้ว่า ในระบบที่ไม่มีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่าจะมีกลไกการแตกตัวโดยความร้อน (thermal cracking) โดยมีการสลายตัวของโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดใหญ่ด้วยความร้อนภายใต้ความดันทำให้ได้โมเลกุลขนาดเล็กลง โดยเริ่มต้นจะเกิดเป็นอนุมูลอิสระ (free radical) และเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องแบบลูกโซ่คือแตกตัวออกเป็นโมเลกุลที่มีสายโซ่สั้นลงต่อไปพร้อมกับเกิดอนุมูลอิสระตัวใหม่ด้วย แต่เนื่องจากสารตั้งต้นที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นลิกไนต์ และพลาสติกพอลิพรอพิลีน การแตกตัวโดยความร้อนเพียงอย่างเดียวอาจจะไม่เพียงพอเนื่องจากโครงสร้างที่ซับซ้อนของถ่านลิกไนต์ และยังมีมวลโมเลกุลสูงเป็นผลทำให้ได้ปริมาณของแข็งสูง

ส่วนในระบบที่มีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณแนฟทา และแก๊สสูง เนื่องจากมีการแตกตัวร่วมกันของความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยา (catalysis cracking) โดยเมื่อเริ่มทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูงจะมีการแตกตัวโดยความร้อนเป็นผลทำให้เกิดสายโซ่โมเลกุลที่มีขนาดเล็กลงคือช่วงของคีโรซีน และ แก๊สออยล์ จากนั้นตัวเร่งปฏิกิริยาจะไปแตกตัวโมเลกุลขนาดเล็กให้กลายเป็นโมเลกุลที่มีจำนวนคาร์บอนต่ำๆเป็นจำนวนมากโดยสังเกตได้จากถ้าได้น้ำมันแนฟทา มากจะได้แก๊สมากเช่นกันอันเนื่องมาจากกระบวนการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา และตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีการทำ pre sulfide โดยซัลเฟอร์ที่เติมลงไปเล็กน้อย จะเป็นตัวโปรโมเตอร์ ไปเร่งให้เกิดการแตกตัวและลดการเกิดปฏิกิริยา hydrogenation [34] จากรูปที่ 4.2 การเติมตัวเร่งปฏิกิริยา 3 อย่างที่มีเปอร์เซ็นต์เหล็กต่างกันไม่มีผลต่างกันตามนัยสำคัญมากแสดงถึงการสัมพันธ์กันระหว่างตัวเร่งปฏิกิริยากับสารตั้งต้นใช้ได้ดีตั้งแต่ 1 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถสรุปได้ว่า % เหล็กมีผลไม่แตกต่างกันไม่แตกต่างกันมากนักในช่วง 1 % เหล็ก ถึง 10 % เหล็ก



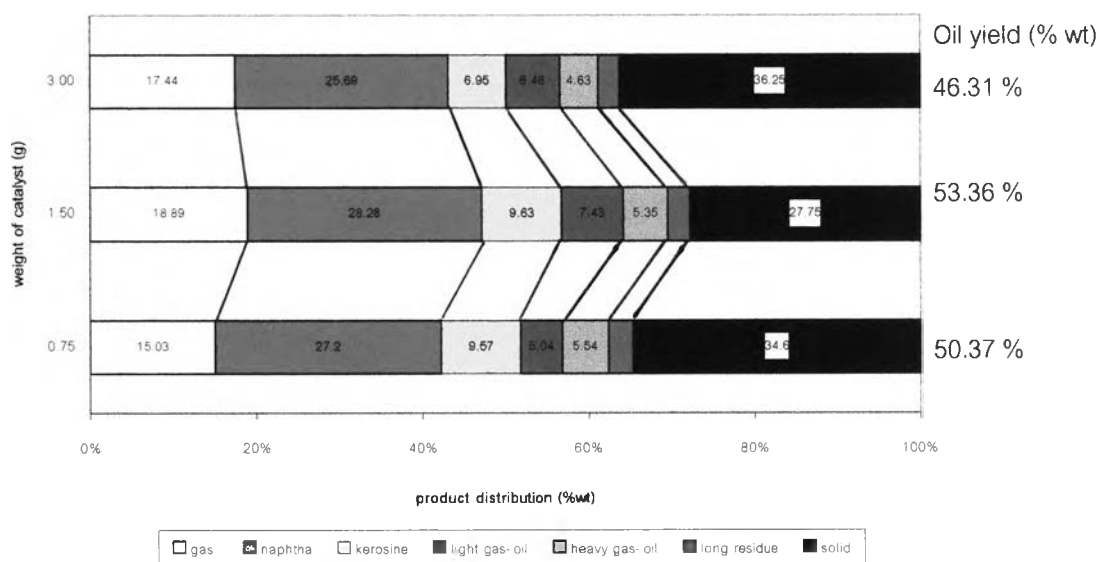
รูปที่ 4.1 ผลของปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากกระบวนการร่วมของพอลิพรอพิลีนและลิแกนด์ที่อัตราส่วน 12 : 3 จำนวน 15 กรัม ที่ความดัน 62 บาร์ H₂ และเวลา 30 นาที



รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์โดย Simulated distillation G.C. ในกระบวนการร่วมของพอลิพรอพิลีนกับลิแกนด์ที่อัตราส่วน 12 : 3 จำนวน 15 กรัม ที่อุณหภูมิ 400 °C ความดันแก๊สไฮโดรเจน 62 บาร์ เป็นเวลา 30 นาที โดยเติมตัวเร่งปฏิกิริยาจำนวน 1.5 กรัม

4.2.1.2 ผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่นำมาใช้

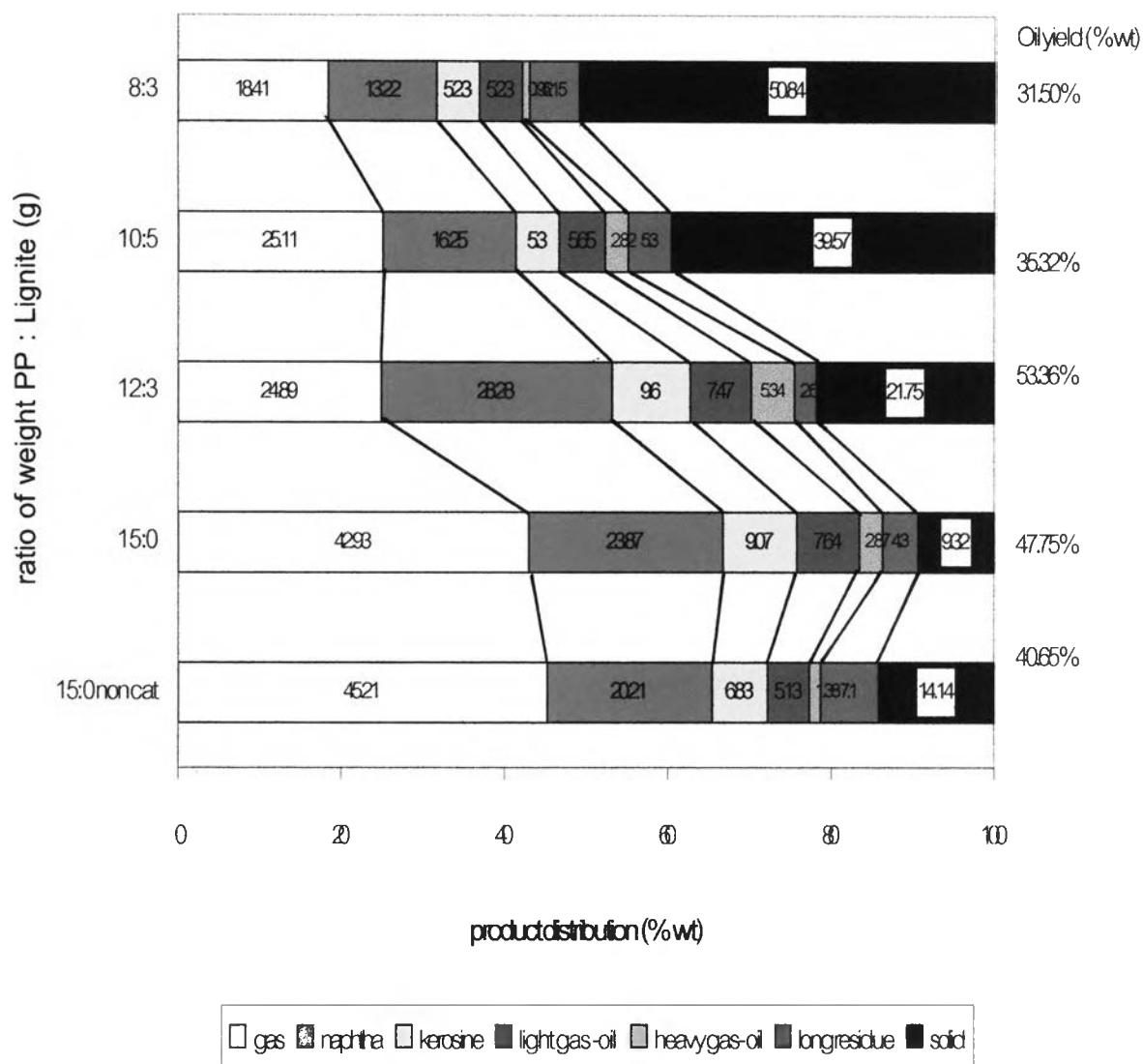
งานวิจัยได้ทำการศึกษาผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาว่ามีผลต่อการเกิดผลิตภัณฑ์ในกระบวนการร่วมโดยทำการทดลองที่ความดันแก๊สไฮโดรเจนที่ 62 บาร์ ที่อุณหภูมิ 400 °C เป็นเวลา 30 นาที และใช้อัตราส่วนของพอลิพรอพิลีนและลิกไนต์เป็น 12 :3 จำนวน 15 กรัม โดยทำการเปลี่ยนน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์ จากการทดลองการเปลี่ยนเปอร์เซ็นต์พบว่าให้ผลการทดลองมีค่าปริมาณน้ำมันที่ได้ใกล้เคียงกันทั้ง 3 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงเลือกที่ 5 % Fe / A.C. มาทำการทดลองโดยทำการเพิ่มน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยาจาก 0.75 เป็น 1.5 และ 3.0 กรัมพบว่าปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันเป็นดังนี้ 50.37 %, 53.31% และ 46.31% ตามลำดับ พบว่าที่น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยาเป็น 1.5 จะให้ปริมาณน้ำมันสูงสุด จากนั้นนำผลิตภัณฑ์น้ำมันที่เตรียมได้ในภาวะดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์โดยเครื่อง simulated distillation G.C. แสดงดังรูปที่ 4.3 พบว่าเมื่อทำการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาในปริมาณที่สูงขึ้นปริมาณผลิตภัณฑ์จำพวกแก๊สไฮโดรคาร์บอนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และพบว่าเมื่อเติมตัวเร่งปฏิกิริยาเป็น 1.5 กรัม ให้ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันสูงขึ้นเล็กน้อย และปริมาณเนฟทาเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเทียบกับเมื่อทำการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา 0.75 และ 3.0 กรัม สามารถอธิบายได้ว่า ผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากกระบวนการนี้ไม่ขึ้นกับปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เติมลงไป เพราะว่าเมื่อเราเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาอีกหนึ่งเท่าตัวพบว่าปริมาณผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งแสดงว่าการสัมผัสระหว่างวัตถุดิบกับตัวเร่งปฏิกิริยามีลักษณะคล้ายกัน สรุปได้ว่าปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาไม่มีผลต่อปฏิกิริยามากนัก ในช่วง 0.75 กรัม ต่อสารตั้งต้น 15 กรัม



รูปที่ 4.3 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมันเนื่องจากปริมาณน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยา 5 % Fe /A.C. ในกระบวนการร่วมพอลิพรอพิลีนกับลิกไนต์(12: 3) จำนวน 15 กรัมที่ 400°C ความดันแก๊สไฮโดรเจน 62 บาร์ 30 นาที โดยเครื่อง Simulated distillation G.C.

4.2.2 ผลของอัตราส่วนของสารตั้งต้นระหว่างพอลิพรอพิลีน กับลิกไนต์

งานวิจัยได้ทำการศึกษาผลของอัตราส่วนของ พอลิพรอพิลีนกับลิกไนต์ เนื่องจากผลที่ได้จากการทดลองในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์เหล็กและปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เติมลงไปพบว่าทั้งเปอร์เซ็นต์เหล็กและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาให้ผลในด้านปริมาณของน้ำมันที่ไม่แตกต่างกันนักจึงได้นำเอา ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กที่ 5 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 1.5 กรัมมาใช้เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนพอลิพรอพิลีนต่อลิกไนต์ต่อไป โดยทำการทดลองที่ภาวะ 400 °C ความดัน 62 บาร์ และเวลาในการทำปฏิกิริยา 30 นาที แสดงดังรูป 4.4 จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการทดลอง โดยใช้พอลิพรอพิลีนเพียงอย่างเดียวโดยไม่ทำการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาลงไปพบว่ามีปริมาณส่วนที่เป็นแก๊สและปริมาณของแข็งเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับการแตกตัวของพอลิพรอพิลีนที่มีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา โดยพบว่าปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากการแตกตัวของพอลิพรอพิลีนที่มีไม่เติมตัวเร่งและเติมตัวเร่งปฏิกิริยามีค่าลดลงเป็น 38.65 % และ 47.75 % ตามลำดับ และเมื่ออัตราส่วนของ พอลิพรอพิลีนกับลิกไนต์เป็น 15:0, 12:3, 10:5, 8:3 และ 3:12 จำนวน 15 กรัม พบว่าปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันมีค่าเป็น 47.75 %, 53.36 %, 35.32 %, 31.50 % และ 5.03 % โดยพบว่าที่อัตราส่วนพอลิพรอพิลีนต่อลิกไนต์เป็น 12 : 3 ให้ปริมาณน้ำมันมากที่สุด จากนั้นนำผลิตภัณฑ์น้ำมันไปทำการวิเคราะห์หาค่าการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์โดยเครื่อง simulated distillation G.C. แสดงผลดังรูป 4.4 ที่อัตราส่วนของพอลิพรอพิลีน กับลิกไนต์ เป็น 15 : 0 พบว่ามีปริมาณแก๊สไฮโดรคาร์บอน และ แนฟทาสูง เนื่องจากโครงสร้างของพอลิพรอพิลีน มีโครงสร้างเป็น isotactic ซึ่งมีหมู่เมทิล (CH₃) เกาะที่สายโซ่หลัก เมื่อเริ่มเกิดปฏิกิริยาอุณหภูมิสูงจะเกิดการแตกตัวโดยความร้อน อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นนั้นจะไปดึงไฮโดรเจนอะตอมที่บริเวณ tertiary hydrogen เป็นผลทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระไฮโดรคาร์บอน และเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไปเป็นผลทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนคาร์บอนลดลงและมีการเกิดปฏิกิริยา catalytic cracking เป็นผลทำให้เกิดการแตกตัวของพวกโมเลกุลขนาดกลางให้มีคาร์บอนลดลงเป็นผลให้ได้ปริมาณแก๊สไฮโดรคาร์บอนสูง และเมื่อเพิ่มปริมาณลิกไนต์ลงไปพบว่ามีปริมาณของแข็งเพิ่มมากขึ้นจากเดิม และที่อัตราส่วน พอลิพรอพิลีน กับลิกไนต์ เป็น 12 : 3 ให้ปริมาณแนฟทาสูงขึ้นมากกว่าระบบที่มีแต่พอลิพรอพิลีนเพียงอย่างเดียว เนื่องจาก ถ่านหินให้น้ำมันที่เป็นพาราฟินจำนวนมากซึ่งสามารถเปลี่ยนรูปเป็นแนฟทาได้ง่าย จึงทำให้มีปริมาณแนฟทาสูงขึ้น และเมื่อเราทำการลดปริมาณของพอลิพรอพิลีนลงให้มีอัตราส่วน 8 : 3 พบว่าปริมาณแก๊สลดลง และปริมาณของแข็งเพิ่มมากขึ้น แสดงว่าปริมาณแนฟทาที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มาจากพอลิพรอพิลีน มากกว่าที่จะมาจากลิกไนต์เนื่องจากการแตกตัวให้เป็นโมเลกุลของพลาสติกจะง่ายกว่าเพราะโครงสร้างของพลาสติกไม่ซับซ้อน และเนื่องจากโมเลกุลของลิกไนต์มีขนาดใหญ่จึงทำให้ใช้เวลาในการแตกตัวเป็นโมเลกุลขนาดกลางนาน



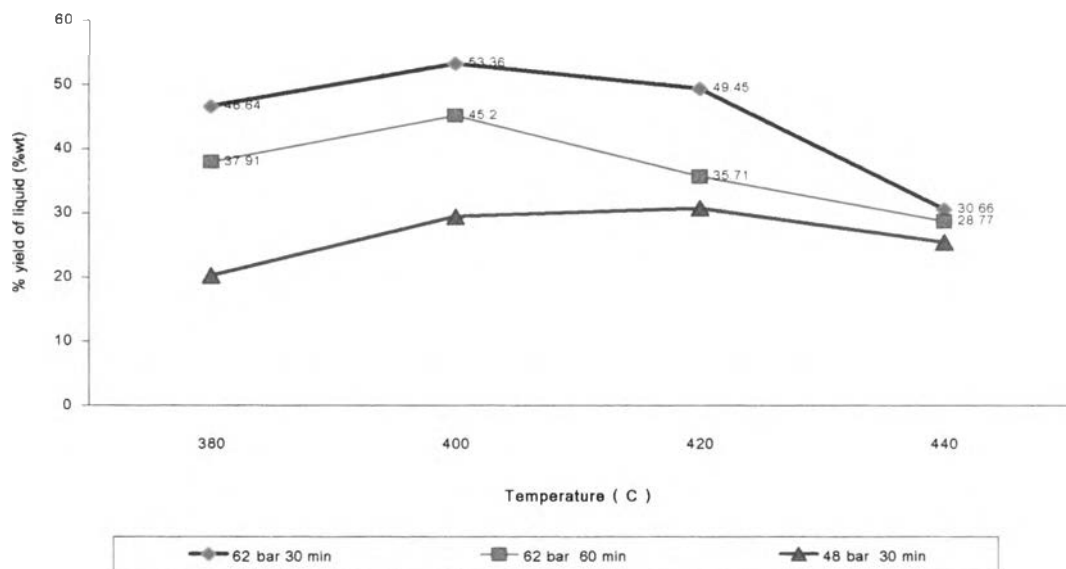
รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบผลิตภัณฑ์น้ำมันโดยเครื่อง Simulated distillation G.C. ที่อัตราส่วนต่างๆของพอลิพรอพิลีนกับลิกไนต์ในกระบวนการร่วม เติม 5% Fe / A.C. 1.5 กรัม ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ความดันแก๊สไฮโดรเจน 62 บาร์ เป็นเวลา 30 นาที

4.2.3 ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์

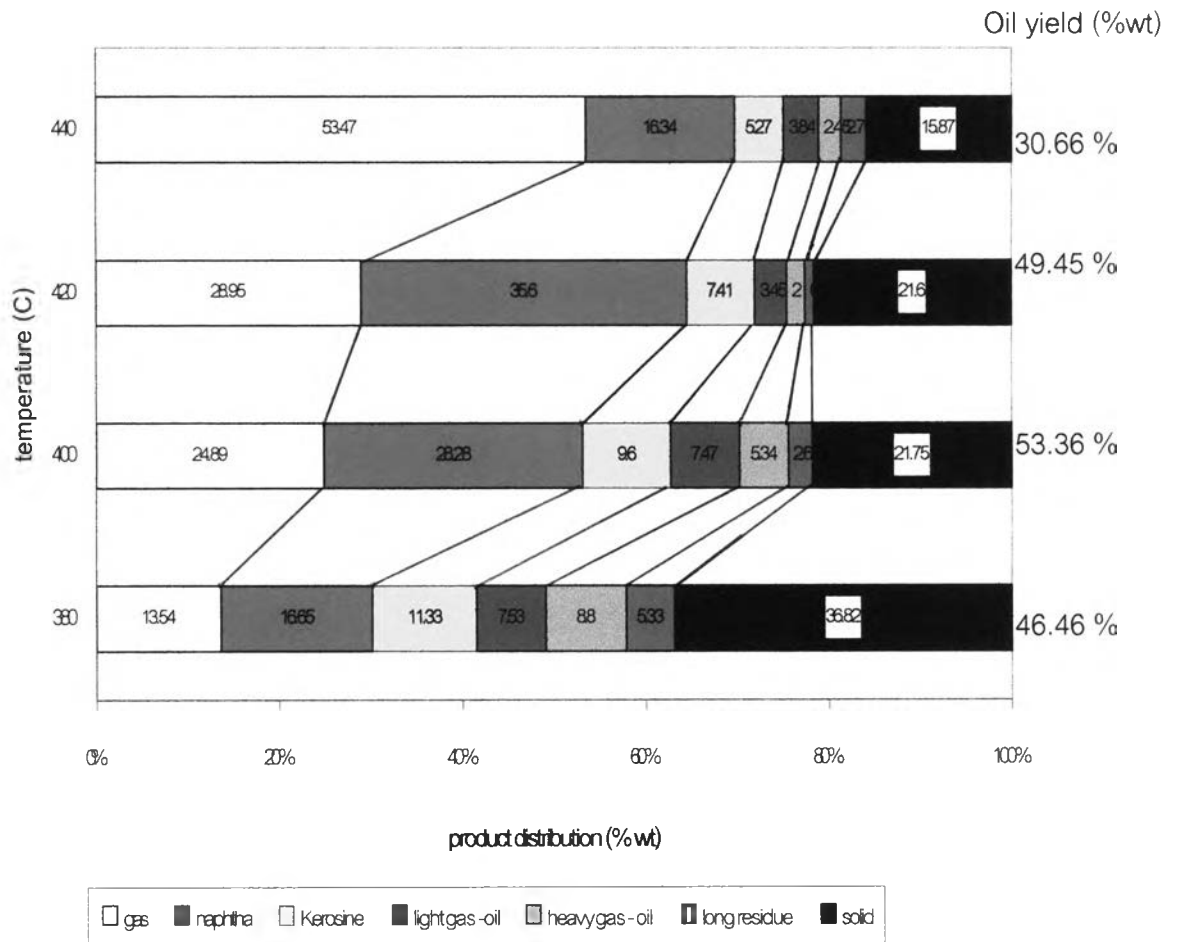
งานวิจัยได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อกระบวนการร่วมของพอลิพรอพิลีนกับลิกไนต์ที่อัตราส่วน 12 : 3 กรัม โดยเติม 5 % Fe / A.C. ที่ความดันแก๊สไฮโดรเจนและเวลาในการทำปฏิกิริยาต่างๆ แสดงดังรูป 4.5 พบว่าที่ความดัน 62 บาร์ เวลา 30 นาที ในทุกๆช่วงอุณหภูมิที่ทำการศึกษาคือ 380, 400, 420 และ 440 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันสูงมีค่าเป็น 46.64 %, 53.36%, 49.45%และ 30.66% ตามลำดับ โดยที่ อุณหภูมิ 400 °C ให้ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันสูง จากนั้นนำผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ภาวะดังกล่าวคือ 62 บาร์ เวลาในการทำ

ปฏิกิริยา 30 นาทีที่อัตราส่วนของพอลิพรอพิลีนต่อลิกไนต์เป็น 12 ต่อ 3 จำนวน 15 กรัมและเติม 5% เหล็กบนถ่านกัมมันต์ 1.5 กรัมไปทำการวิเคราะห์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ของกระบวนการร่วมโดยเครื่อง simulated distillation G.C. แสดงดังรูป 4.6 พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาเพิ่มสูงขึ้น ได้ผลิตภัณฑ์จำพวกแก๊สไฮโดรคาร์บอนเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 440°C มีปริมาณแก๊สสูงสุด และมีปริมาณเนฟทาสดลงเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิ 420 °C และปริมาณของแข็งลดลงด้วย สามารถอธิบายได้ว่า เมื่ออุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้น จะได้ผลิตภัณฑ์จำพวกแก๊สมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเมื่อเริ่มทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูงขึ้น จะมีปฏิกิริยาการแตกตัวของสารตั้งต้นเป็นสายโซ่โมเลกุลขนาดกลางช่วงคีโรซีนและแก๊สออกไซด์ จากนั้นตัวเร่งปฏิกิริยาจะเริ่มมีบทบาทมากขึ้นโดยไปทำการแตกตัวผลิตภัณฑ์พวกสายโซ่โมเลกุลขนาดกลาง ให้มีขนาดสายโซ่เล็กลงเป็นผลทำให้ได้ผลิตภัณฑ์จำพวกเนฟทาสมากยิ่งขึ้น แต่เมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงมากจะส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาการแตกตัวด้วยความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยา โดยทำให้เกิดการแตกตัวผลิตภัณฑ์เนฟทาให้มีโมเลกุลเล็กลงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์จำพวกแก๊สสูง และที่อุณหภูมิสูงจะส่งผลต่อการแตกโมเลกุลของลิกไนต์ทำให้ปริมาณของแข็งลดลง

ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมเมื่อทำการวิเคราะห์โดยเครื่อง simulated distillation G.C. คือ 420 องศาเซลเซียส โดยให้ เนฟทาสูงถึง 35.6 % และ คีโรซีน 7.41 %



รูปที่ 4.5 แสดงผลของปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากกระบวนการร่วมของพอลิพรอพิลีนต่อ ลิกไนต์ที่อัตราส่วน 12 : 3 จำนวน 15 กรัม โดยเติม 5 % Fe / A.C.1.5 กรัม เมื่อทำการศึกษาผลของอุณหภูมิที่ความดันแก๊สไฮโดรเจน และเวลาที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมันของกระบวนการร่วมของพอลิพรอพิลีนกับลิกไนต์ที่อัตราส่วน 12: 3 จำนวน 15 กรัม เติม 5% Fe / A.C. 1.5 กรัม อุณหภูมิ 380, 400, 420 และ 440 องศาเซลเซียส, ความดัน 62 บาร์ เป็นเวลา 30 นาที โดยเครื่อง Simulated distillation G.C.



4.2.4 ผลของความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้น

ในการศึกษาผลของความดันที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์ของกระบวนการร่วมของพอลิพรอพิลีนกับลิกไนต์ ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนัก 12 ต่อ 3 จำนวน 15 กรัม โดยเติม 5 % Fe / A.C. จำนวน 1.5 กรัม ที่อุณหภูมิและเวลาในการทำปฏิกิริยาต่างๆ พบว่าที่อุณหภูมิ 400 °C เป็นเวลา 30 นาทีให้ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันมากที่สุด แสดงดังรูป 4.7 โดยทำการเปลี่ยนความดันเป็น 27, 48, 55 และ 62 บาร์ พบว่ามีปริมาณน้ำมันเป็น 16.46 %, 29.44 %, 46.44 % และ 53.38 % ตามลำดับ โดยพบว่าที่ภาวะอุณหภูมิ 400 °C ความดันแก๊สไฮโดรเจน 62 บาร์ เวลาในการทำปฏิกิริยา 30 นาที เป็นภาวะที่ให้ปริมาณน้ำมันสูงที่สุด จากนั้นทำการศึกษาผลของความดันของแก๊สไฮโดรเจนที่มีต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ของกระบวนการร่วมโดยใช้เครื่อง simulated distillation G.C.วิเคราะห์ แสดงดังรูปที่ 4.8 พบว่าเมื่ออุณหภูมิของระบบคงที่ (isothermal) และความดันเพิ่มมากขึ้นปริมาณผลิตภัณฑ์แนฟตามีแนวโน้มสูงขึ้น ปริมาณคีโรซีนและแก๊สออยล์เพิ่มขึ้นด้วย แสดงว่าความดันของแก๊สไฮโดรเจนจะไปส่งเสริมให้มีการเกิดปฏิกิริยา hydrocracking และปฏิกิริยา hydrogenation โดยโมเลกุลของไฮโดรเจนเข้าไปช่วยในการแตกตัวสารตั้งต้นให้เป็นสายโซ่โมเลกุลสั้น โดยเกิดกลไกปฏิกิริยาแบบ free radical และมีบางส่วน of โมเลกุลไฮโดรเจนเข้าไปช่วยให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างที่อึดตัวมากยิ่งขึ้น

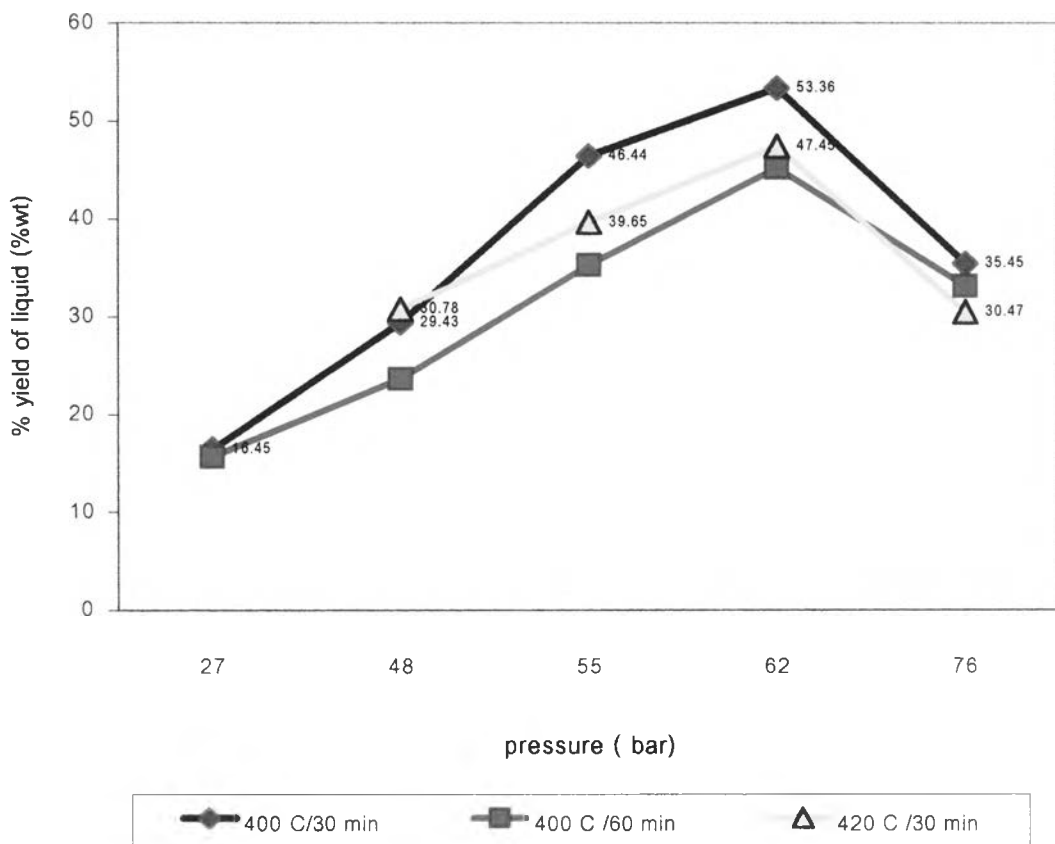
ดังนั้น ความดันที่เหมาะสมเมื่อทำการวิเคราะห์โดยเครื่อง simulated distillation G.C. คือที่ 62 บาร์ โดยจะให้ปริมาณแนฟทาสูงถึง 28.28%และให้ปริมาณคีโรซีน 9.6 %

4.2.5 ผลของเวลาที่มีต่อปฏิกิริยาของกระบวนการร่วม

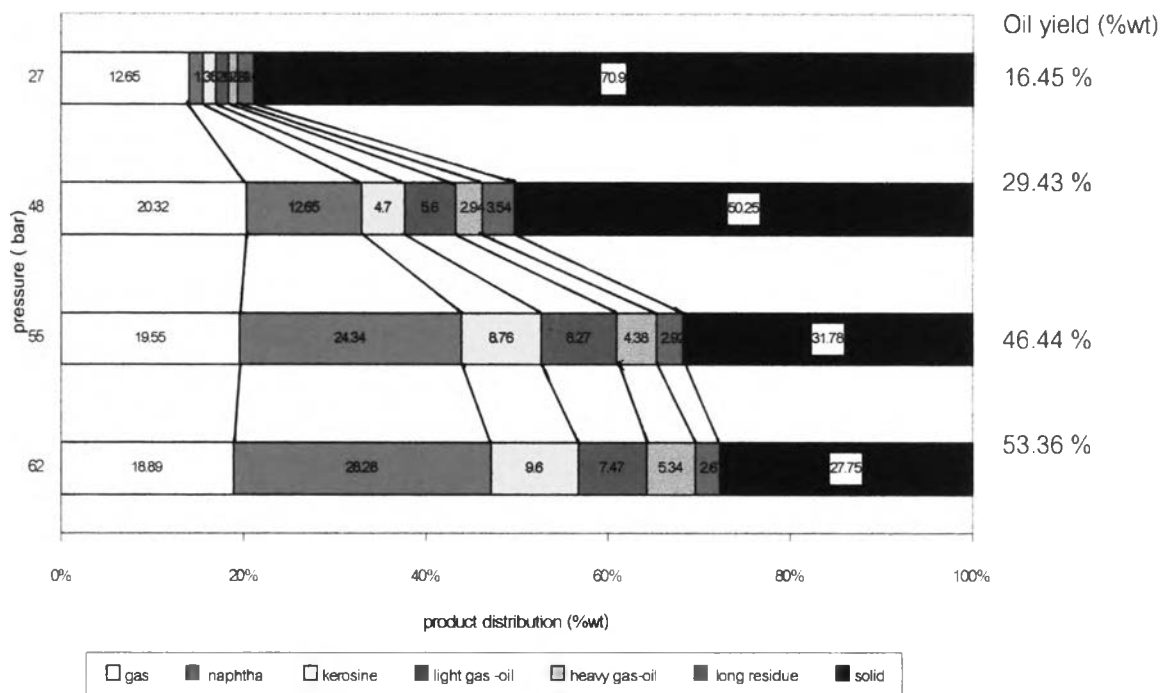
ในการผลิตของเหลวจากกระบวนการร่วมของพอลิพรอพิลีนกับลิกไนต์ นั้นพบว่าปัจจัยของเวลาที่มีผลต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงทำการศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิและความดันต่างๆที่อัตราส่วนพอลิพรอพิลีนต่อลิกไนต์เป็น 12 ต่อ 3 จำนวน 15 กรัม แสดงดังรูป 4.9 พบว่าความดันแก๊สไฮโดรเจน 62 บาร์ และอุณหภูมิ 400 °C จะให้ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันสูงสุด และเมื่อทำการศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาจาก 15, 30, 45, 60 และ 90 นาทีพบว่ามีปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันเป็น 24.0 %, 53.36 %, 47.66 % 45.20 % และ 34.32 % ตามลำดับ โดยที่เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 30 นาทีจะให้ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันสูงสุด จากนั้นนำผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากการทดลองในภาวะที่ให้ปริมาณน้ำมันสูง คือ 62 บาร์ และอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสมาทำการวิเคราะห์เพื่อศึกษาผลของเวลาที่มีต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการร่วมโดยใช้เครื่อง simulated distillation G.C. แสดงดังรูป 4.10 พบว่า เมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยาสูงขึ้นพบว่าปริมาณแก๊สไฮโดรคาร์บอนเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อเริ่มเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูงจะเกิดการแตกตัวโดยความร้อนของสารตั้งต้นกลายเป็น

เป็นสายโซ่โมเลกุลขนาดกลางพวกคีโรซีนและแก๊สออยล์ จากนั้นตัวเร่งปฏิกิริยาก็จะเข้ามามีบทบาทในการแตกตัวพวกคีโรซีน และแก๊สออยล์ ให้มีจำนวนคาร์บอนลดลงทำให้ได้ปริมาณ แนฟทาสูงยิ่งขึ้น แต่เมื่อเราใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานานขึ้น ตัวเร่งปฏิกิริยาจะไปแตกโมเลกุลของแนฟทาให้มีขนาดเล็กลงเป็นผลให้ปริมาณแนฟทาลดลงแต่ ปริมาณแก๊สไฮโดรคาร์บอนสูงยิ่งขึ้น และพบว่าเมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยาล้นจะมีส่วนที่เป็นของแข็งจากลิกไนต์สูงขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนั้นยังไม่สมบูรณ์

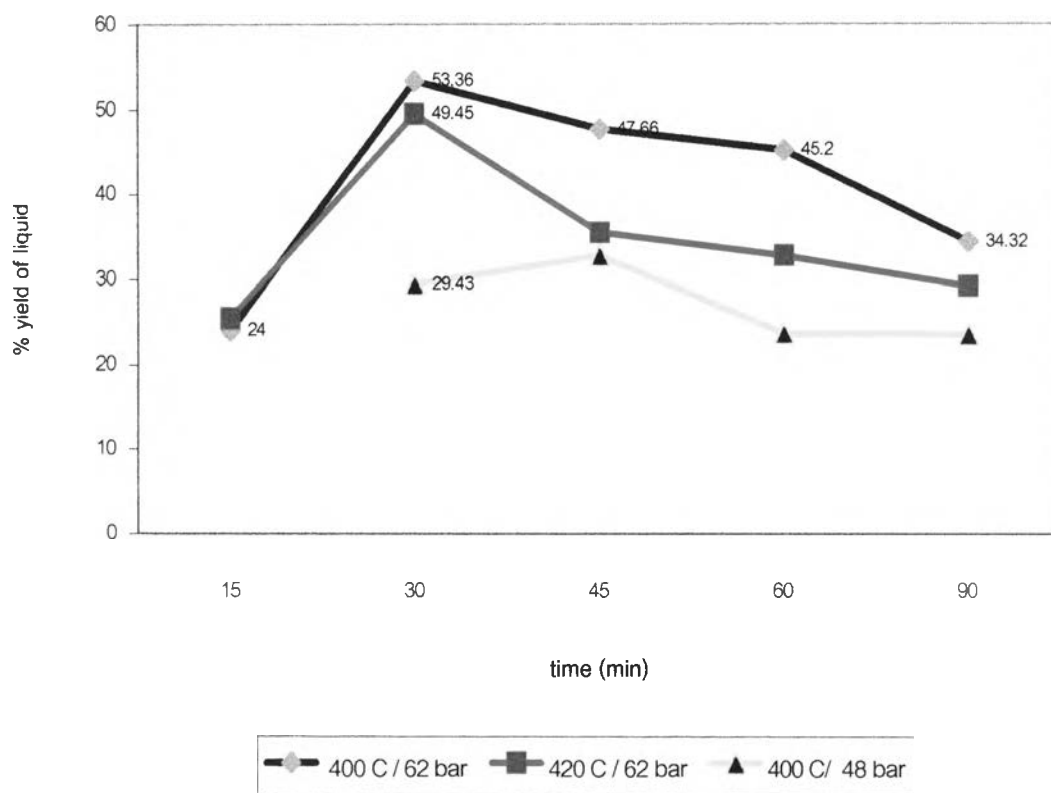
ดังนั้นจากการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง simulated distillation G.C. สรุปได้ว่าที่เวลา 60 นาทีให้ปริมาณแนฟทาสูง 30.74 % และให้คีโรซีน 6.78 %



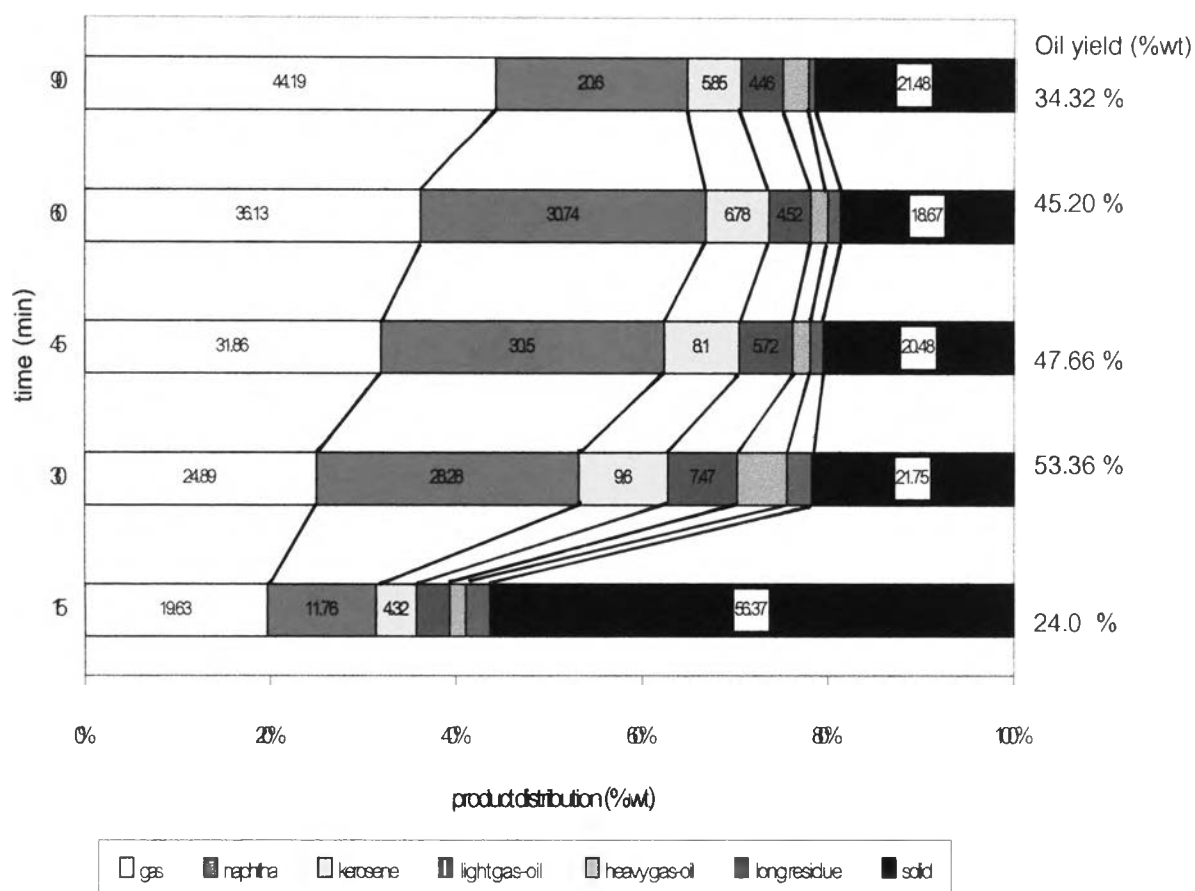
รูปที่ 4.7 ผลของปริมาณน้ำมันที่ได้จากกระบวนการร่วมของพอลิพพรอพิลีนต่อลิกไนต์ที่ 12 ต่อ 3 จำนวน 15 กรัมโดยเติม 5 % Fe / A.C. 1.5 กรัม ที่ความดันต่างๆ



รูปที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ความดัน 27, 48, 55 และ 62 บาร์ ในกระบวนการร่วมพอลิพรอพิลีนกับลิกไนต์ที่อัตราส่วน 12 : 3 จำนวน 15 กรัม เติม 5 % Fe / A.C. 1.5 กรัม ที่อุณหภูมิ 400° C เป็นเวลา 30 นาที โดยเครื่อง Simulated distillation G.C.



รูปที่ 4.9 ผลของปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันที่มีต่อกระบวนการร่วมของพอลิพรอพิลีนต่อ ลิกไนต์ ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนัก 12 ต่อ 3 จำนวน 15 กรัม โดยเติม 5 % Fe / A.C. 1.5 กรัม ที่เวลา ในการทำปฏิกิริยาต่างๆกัน



รูปที่ 4.10 ผลการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์เหลวที่วิเคราะห์โดยเครื่อง Simulated distillation G.C. ในเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่างๆกันในกระบวนการร่วมของพอลิพรอพิลีน กับ ลิแกนด์ที่อัตราส่วน 12:3 จำนวน 15 กรัมโดยเติม 5 % Fe/ A.C. 1.5 กรัม ที่ 400 °C ความดัน 62 บาร์ H₂ ในถังปฏิกรณ์

4.3 ผลการเปรียบเทียบงานวิจัยที่ใกล้เคียงกัน

เมื่อทำการเปรียบเทียบงานวิจัยของ Zhen Feng กับงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาแสดงผลการทดลองดังตาราง ที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบงานวิจัยของ Z .Feng และคณะ (1996) กับงานวิจัยนี้

feed	Temp (C)	catalyst	Solvent	time (min)	oil + gas	
PP/ coal	450	FHYD / Ca	waste oil 10 g	60	68.1	Z .Feng et al (1996)
PP/ coal	400	Fe / A.C.	-	30	78.25	ธารินี (2000)

โดยในงานวิจัยของ Z .Feng และคณะ (1996) [36] ได้ทำการศึกษาผลของ กระบวนการทำ ถ่านหินผสมกับพลาสติกให้เป็นน้ำมัน โดยใช้สารตั้งต้น ระหว่าง พอลิพรอพิลีน กับถ่านหินเป็น 1:1 จำนวน 5-10 กรัม และมีการเติมตัวทำละลาย 0-15 กรัม พบว่า ผลผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นแก๊ส ไฮโดรคาร์บอนและน้ำมัน มีค่าเป็น 68.1 % ส่วนในงานวิจัยนี้ ให้ผลผลิตภัณฑ์ของแก๊สและน้ำมัน เป็น 78.25 % ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวสามารถอธิบายได้ว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาในงานวิจัยนี้ เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำมันจากกระบวนการร่วมระหว่างพอลิพรอพิลีนและถ่านหิน เนื่องจากให้ปริมาณผลิตภัณฑ์สูงและใช้ภาวะการทดลองที่ไม่รุนแรง