บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการแตกตัวของพอลิพรอพิลีน พอลิสไตรีนและน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์ในเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง โดยศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อกระบวนการเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำมันที่สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ โดยศึกษาถึงอิทธิพลของ อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น อัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจน ปริมาณของพลาสติกผสมพอลิพรอพิลีน และพอลิสไตรีน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์ ตลอดจนหาการกระจายขององค์ประกอบผลิตภัณฑ์ของน้ำมัน

4.1 การวิเคราะห์สมบัติของสารตั้งต้น

4.1.1 องค์ประกอบของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว

เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่จะนำมาเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาด้วยเครื่อง Simulated distillation gas chromatograph (DGC) ได้ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว

องค์ประกอบ	% Selectivity
แนฟทา	1.30
เคโรซีน	1.15
แก๊สออยล์เบา	2.51
แก๊สออยล์หนัก	2.04
กากน้ำมัน	92.50

จากตาราง 4.1 เป็นผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว พบว่าน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วมีโมเลกุลขนาดใหญ่มากเพราะมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกากน้ำมันหนักถึงร้อยละ 92.50 ในขณะที่มีปริมาณของแนฟทาน้อยมากเพียงร้อยละ 1.30 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลักของงานวิจัยนี้

4.1.2 สมบัติทางกายภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์

พื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมด (Surface area) ที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง Surface Area and Porosity Analyzer แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวสัมผัสของตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์

ตัวอย่าง	พื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมด (S_{BET}) ตารางเมตร/กรัม
ถ่านกัมมันต์	850
เหล็กร้อยละ 5 บนถ่านกัมมันต์	654

จากการวิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมดของตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์แสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าเมื่อเติมเหล็กลงไปบนถ่านกัมมันต์จะทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยามีพื้นที่ผิวรูพรุนน้อยลง เนื่องจากโลหะที่เติมลงไปจะไปบดบังพื้นผิวโดยยึดเกาะบนผิวของถ่านกัมมันต์ทำให้พื้นที่ผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาลดลงแต่ในทางการกระตุ้นทางเคมีโลหะจะมีส่วนช่วยในการเพิ่มพื้นที่ส่วน active site ให้กับตัวเร่งปฏิกิริยามากขึ้น

- วิเคราะห์ปริมาณโลหะในตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้ โดยวิธี XRF Analysis ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณโลหะในตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กร้อยละ 5 บนถ่านกัมมันต์

ธาตุ	ร้อยละโดยน้ำหนัก
Al	0.03
Si	0.07
S	0.07
K	0.96
Ca	0.10
Zn	0.12
Fe	4.62

จากตารางที่ 4.3 เป็นผลการวิเคราะห์โลหะองค์ประกอบของตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กร้อยละ 5 บนถ่านกัมมันต์ พบว่ามีเหล็กร้อยละ 4.62 ซึ่งใกล้เคียงกับที่คำนวณไว้

4.2 อิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงไปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมัน

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและหาภาวะที่ดีที่สุดในการเกิดกระบวนการแตกตัวของพอลิพรอพิลีน พอลิสไตรีนและน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์ในภาวะของตัวแปรต่างๆ กัน โดยศึกษาถึงภาวะที่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากกระบวนการแตกตัวทั้งในเชิงปริมาณ และคุณภาพ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นน้ำมันสามารถหาร้อยละของการเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ แล้วนำผลิตภัณฑ์น้ำมันไปทำการวิเคราะห์เพื่อหาองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ โดยศึกษาจากค่าการกระจายตัวตามคาบจุดเดือดโดยใช้เครื่อง Simulated distillation gas chromatograph (DGC) และวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของผลิตภัณฑ์น้ำมันที่สภาวะที่ดีที่สุดโดยใช้เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FT-IR) ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้ว่ามีหมู่ฟังก์ชัน (Functional group) ที่เป็นประโยชน์ในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

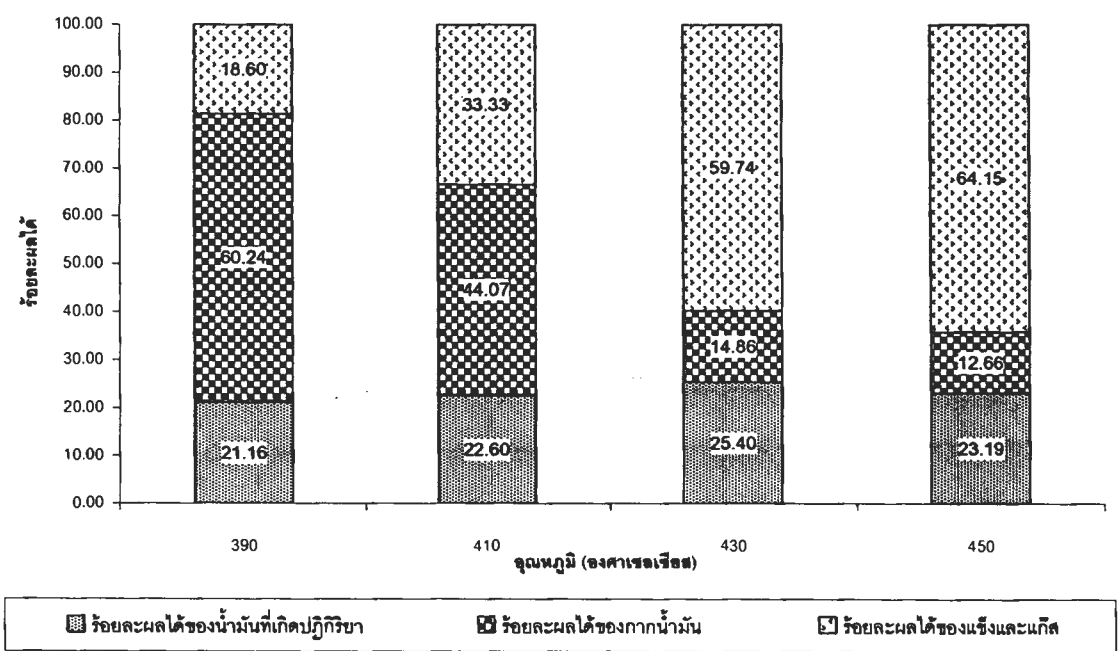
1. การศึกษาหาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการกระจายขององค์ประกอบผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้ ตาม ASTM D2887 เป็นแนฟทา (Gasoline) เคโรซีน (Kerosene) แก๊สออยล์เบา (Light gas oil) แก๊สออยล์หนัก (Gas oil) และกากน้ำมัน (Long residue)
2. การศึกษาหาอิทธิพลของปริมาณพลาสติกผสมของพอลิพรอพิลีน และพอลิสไตรีนกับน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วโดยมีเหล็กบนถ่านกัมมันต์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาต่อการเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมัน
3. วิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากการแตกตัวของพอลิพรอพิลีน พอลิสไตรีนและน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์

4.2.1 การศึกษาหาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว

ทำการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองคือ 390, 410, 430 และ 450 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นต่างๆ กันเป็น 0.32, 0.60 และ 1.23 กรัมต่อนาที พิจารณาจากร้อยละผลได้ของน้ำมันที่

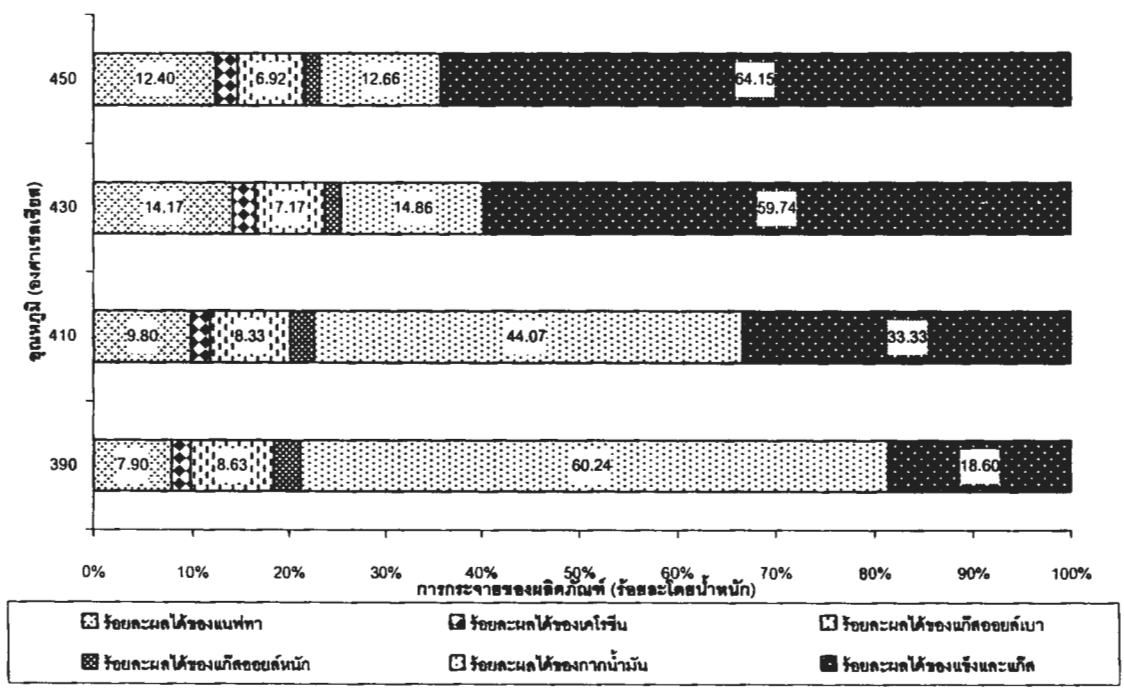
เกิดปฏิกิริยาจากกากน้ำมันไปเป็นน้ำมันชนิดเบาจำพวกแนฟทา เคโรซีน แก๊สออยล์เบา และแก๊สออยล์หนัก ร้อยละผลได้กากน้ำมันที่เหลือหลังจากที่เกิดปฏิกิริยาแล้ว และร้อยละผลได้ของของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้น และนำผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้ไปทำการวิเคราะห์เพื่อศึกษาการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์โดยใช้เครื่อง Simulated distillation gas chromatograph นอกจากนี้ยังแสดงการพิจารณาถึงอัตราการผลิตน้ำมันชนิดเบาอันได้แก่ แนฟทา เคโรซีน แก๊สออยล์เบา และแก๊สออยล์หนัก ที่ได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลาไว้ด้วย เนื่องจากเป็นการทดลองโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องที่สามารถนำไปพัฒนาเพื่อใช้จริงในภาคอุตสาหกรรมต่อไป

จากรูปที่ 4.1 พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มมากขึ้น ร้อยละผลได้ของกากน้ำมันลดลงเป็นร้อยละ 60.24, 44.07, 14.86 และ 12.66 ตามลำดับ ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิ 390 ถึง 430 องศาเซลเซียสเป็นร้อยละ 21.16, 22.60 และ25.40 ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส มีค่าลดลงเล็กน้อย เนื่องจากกากน้ำมันที่เป็นสารโมเลกุลใหญ่เกิดการแตกตัวได้อย่างรุนแรงกลายเป็นแก๊สได้มากขึ้นที่อุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นปริมาณของแข็งและแก๊สจึงเพิ่มมากขึ้นและมีค่ามากที่สุดร้อยละ 64.15 ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส



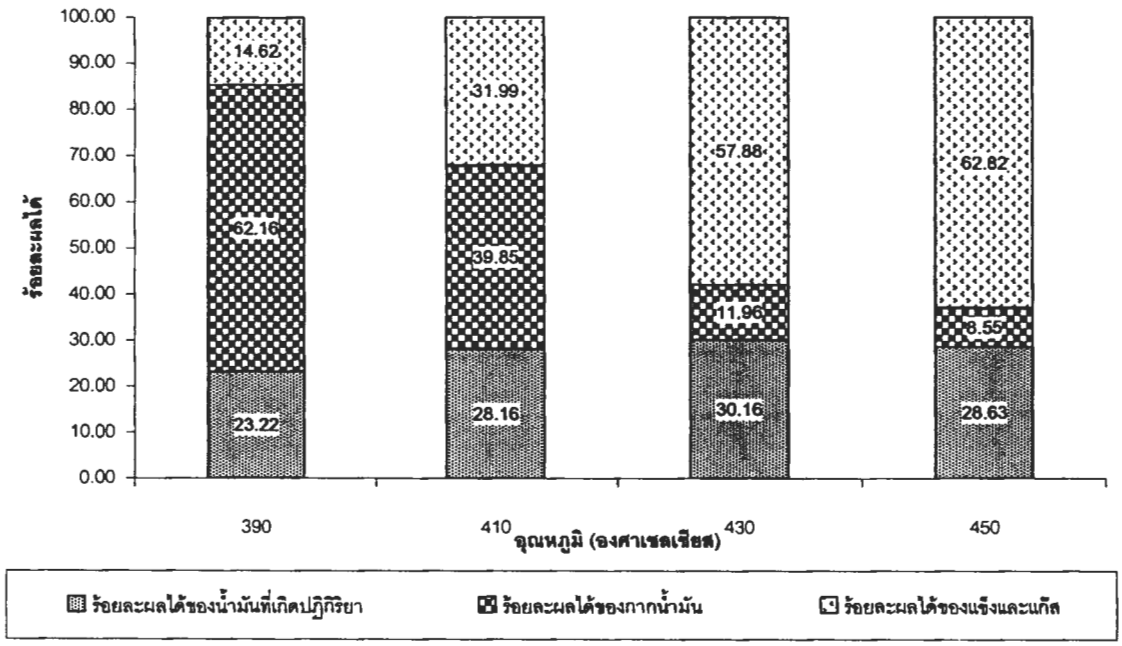
รูปที่ 4.1 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อร้อยละผลได้ของ 1)น้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา 2)กากน้ำมัน และ 3)ของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นที่ 390, 410, 430 และ 450 องศาเซลเซียส อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 0.32 กรัมต่อนาที

เมื่อนำผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้ไปทำการวิเคราะห์เพื่อศึกษาการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่อง Simulated distillation gas chromatograph แสดงดังรูป 4.2 โดยเมื่อดูผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันจะพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณกากน้ำมันลดลง เนื่องจากมีการแตกตัวมากขึ้น ที่อุณหภูมิจาก 390 ถึง 430 องศาเซลเซียส ปริมาณของแนฟทามีค่าสูงขึ้นเป็นร้อยละ 7.90, 9.80 และ14.17 ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ปริมาณแนฟทาลดลงเล็กน้อยเพราะที่อุณหภูมิสูงน้ำมันหล่อลื่นจะเกิดการแตกตัวได้รุนแรงและเกิดเป็นสารประกอบจำพวกแก๊สมากขึ้น



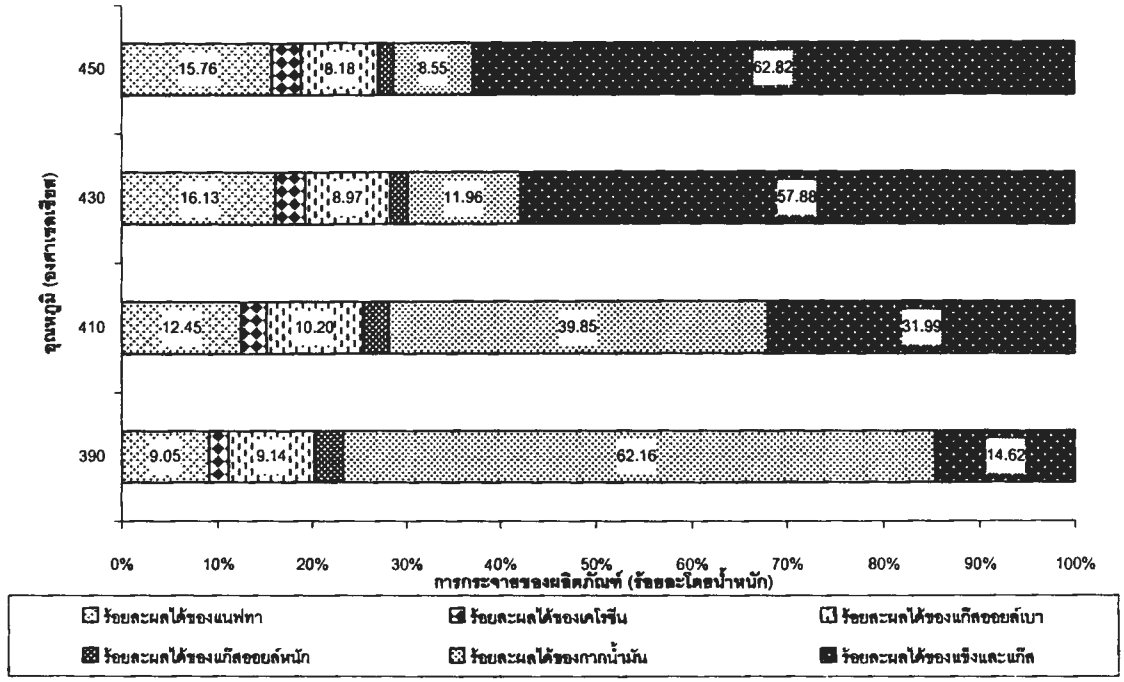
รูปที่ 4.2 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมันจากการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่น ที่อุณหภูมิ 390, 410, 430 และ 450 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 0.32 กรัมต่อนาที

เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่อัตราการไหลของสารตั้งต้นเป็น 0.60 กรัมต่อนาที แสดงเป็นร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจากกากน้ำมันไปเป็นน้ำมันชนิดเบา ร้อยละผลได้กากน้ำมันที่เหลือหลังจากที่เกิดปฏิกิริยาแล้ว และร้อยละผลได้ของของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นดังรูปที่ 4.3 พบว่าที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียสจะให้ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยามากที่สุดคือร้อยละ 30.16 และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นปริมาณกากน้ำมันที่เหลือลดลง แสดงว่ามีการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณของของแข็งและแก๊สเพิ่มจึงมากขึ้นเช่นกัน



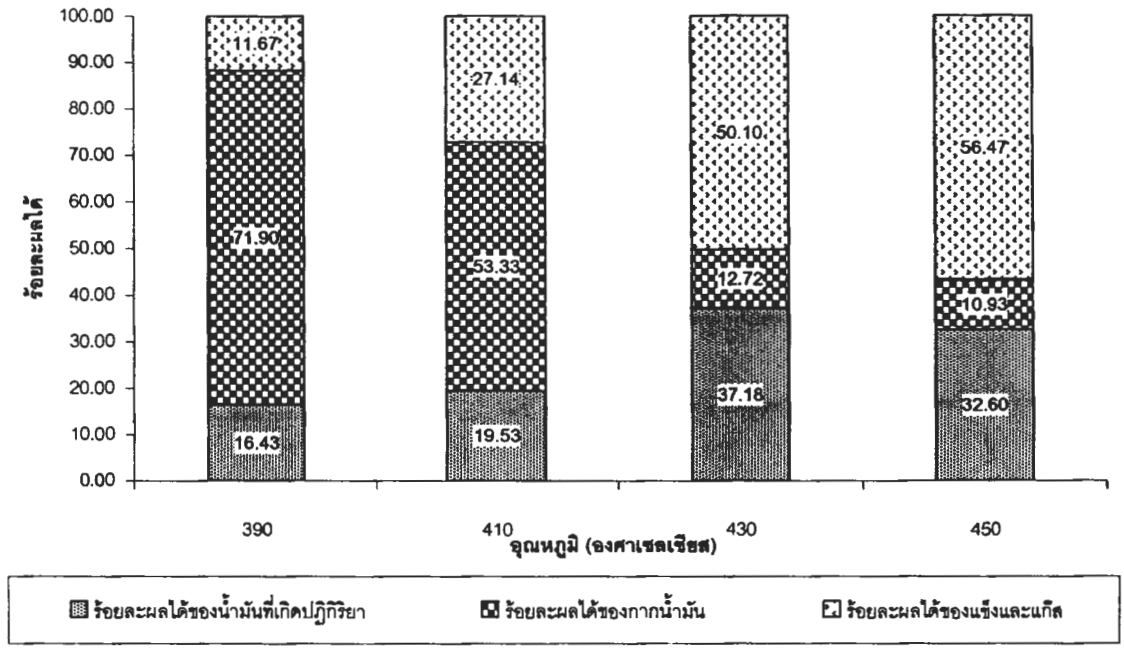
รูปที่ 4.3 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อร้อยละผลได้ของ 1)น้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา 2)กากน้ำมัน **และ** 3)**ของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นที่** 390, 410, 430 **และ** 450 **องศาเซลเซียส อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น** 0.60 **กรัมต่อนาที**

เมื่อนำผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้ไปทำการวิเคราะห์เพื่อศึกษาการกระจายของผลิตภัณฑ์แสดงดังรูป 4.4 โดยเมื่อดูผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันจะพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณกากน้ำมันลดลงเนื่องจากมีการแตกตัวกลายเป็นน้ำมันเบา หรือแก๊สได้มากขึ้น และจากอุณหภูมิ 390 ถึง 430 องศาเซลเซียส ปริมาณของแนฟทามีค่าเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 9.05, 12.45 และ16.13 ตามลำดับ แต่ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียสปริมาณของแนฟทาจะลดลงเล็กน้อยเป็นร้อยละ 15.76 ในขณะที่ปริมาณของของแข็งและแก๊สเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส น้ำมันหล่อลื่นเกิดการแตกตัวไปเป็นแก๊สได้มากขึ้น



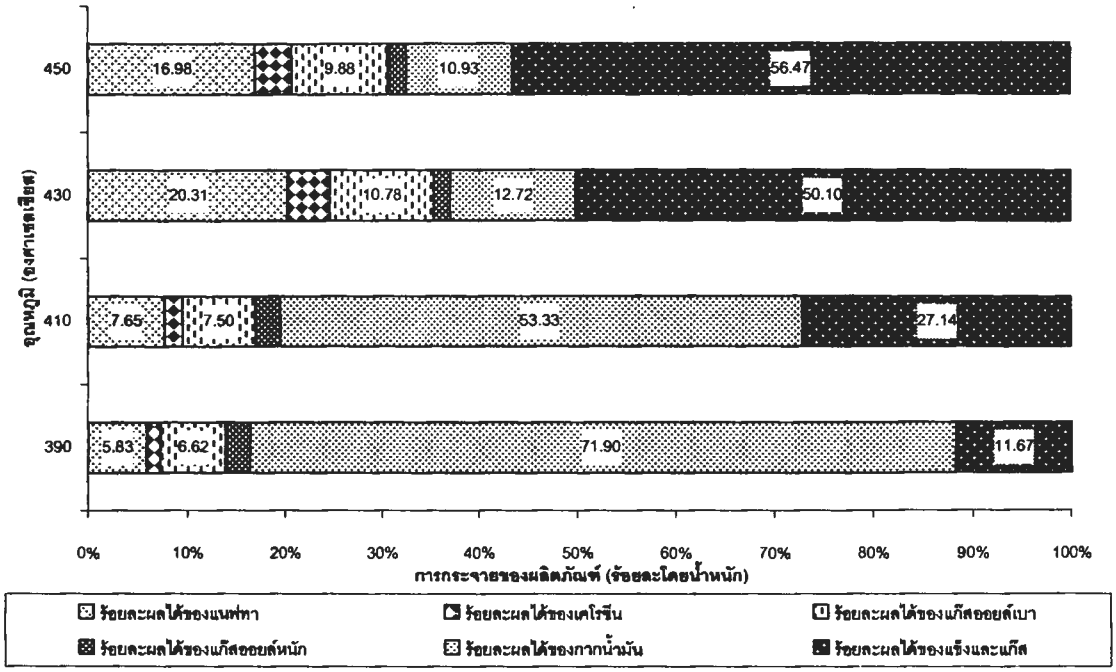
รูปที่ 4.4 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมันจากการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่น ที่อุณหภูมิ 390, 410, 430 และ 450 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 0.60 กรัมต่อนาที

จากรูปที่ 4.5 แสดงผลร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา ร้อยละผลได้กากน้ำมันที่เหลือหลังจากที่เกิดปฏิกิริยาแล้ว และร้อยละผลได้ของของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 390, 410, 430 และ องศาเซลเซียส อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 1.23 กรัมต่อนาที พบว่าที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียสจะให้ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจากกากน้ำมันไปเป็นน้ำมันชนิดเบามากที่สุดร้อยละ 37.18 และที่อุณหภูมิ 390 องศาเซลเซียสจะให้ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจากกากน้ำมันไปเป็นน้ำมันชนิดเบาน้อยที่สุดร้อยละ 16.43 และเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงจาก 410 เป็น 430 องศาเซลเซียสเป็นร้อยละ 19.53 และ 32.60 ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจะมีค่าน้อยลงเล็กน้อย ส่วนปริมาณของของแข็งและแก๊สมีค่าไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่ามากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันหล่อลื่นมีการแตกตัวได้อย่างรุนแรงกลายเป็นสารประกอบจำพวกแก๊สได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น



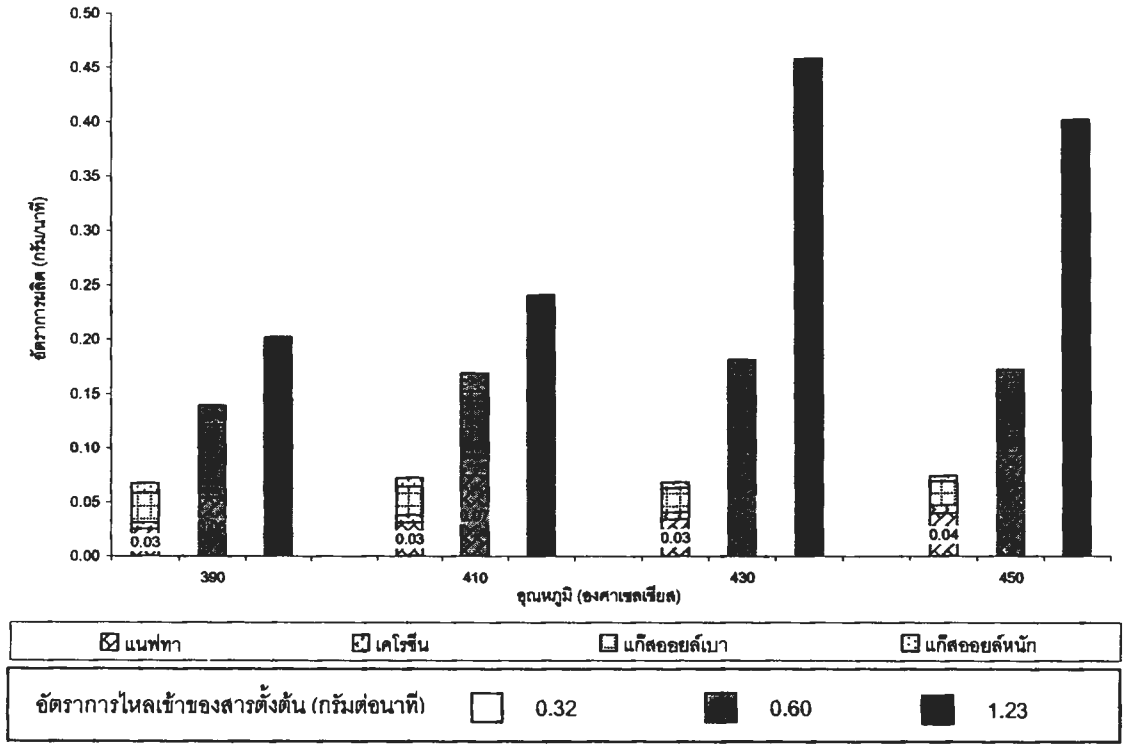
รูปที่ 4.5 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อร้อยละผลได้ของ 1)น้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา 2)กากน้ำมัน และ 3)ของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นที่ 390, 410, 430 และ 450 องศาเซลเซียส อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 1.23 กรัมต่อนาที

เมื่อนำผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้ไปทำการวิเคราะห์เพื่อศึกษาการกระจายของผลิตภัณฑ์แสดงดังรูป 4.6 พบว่าปริมาณของแนฟทามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจาก 390 ถึง 430 องศาเซลเซียส เป็นร้อยละ 5.83, 7.65 และ 20.31 ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ปริมาณของแนฟทาจะลดลงเป็นร้อยละ 16.98 ในขณะที่ปริมาณกากน้ำมันลดลงเนื่องจากมีการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นได้เป็นน้ำมันเบาได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในขณะเดียวกันเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอีกน้ำมันจะเกิดการแตกตัวด้วยความร้อนไปเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กได้มากขึ้นเช่นเดียวกัน ดังนั้นปริมาณของของแข็งและแก๊สจึงเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น



รูปที่ 4.6 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมันจากการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่น ที่อุณหภูมิ 390, 410, 430 และ 450 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 1.23 กรัมต่อนาที

อัตราการผลิตน้ำมันชนิดเบาต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.7 พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อัตราการผลิตน้ำมันเบาจะเพิ่มขึ้นตั้งแต่อุณหภูมิ 390 ถึง 430 องศาเซลเซียส เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นน้ำมันหล่อลื่นจะสามารถแตกตัวจากสารโมเลกุลใหญ่จำพวกกากน้ำมันเป็นสารที่มีโมเลกุลเล็กลงได้มากขึ้น แต่ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียสอัตราการผลิตน้ำมันลดลง เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงน้ำมันหล่อลื่นจะสามารถแตกตัวของสารโมเลกุลขนาดกลางเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กลงอีกจำพวกแก๊ส ทำให้ได้อัตราการผลิตน้ำมันลดลง และจากการทดลองที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นเป็น 0.32 กรัมต่อนาที พบว่าที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียสให้อัตราการผลิตแนฟทา เคโรซีน แก๊สออยล์เบา และแก๊สออยล์หนักมากที่สุดเป็น 0.05, 0.01, 0.02 และ 0.01 กรัมต่อนาที ตามลำดับ ที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นเป็น 0.60 กรัมต่อนาทีพบว่าที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียสให้อัตราการผลิตน้ำมันเบามากที่สุดเป็น 0.10, 0.02, 0.05 และ 0.01 กรัมต่อนาที ตามลำดับ และที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นเป็น 1.23 กรัมต่อนาทีพบว่าที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียสให้อัตราการผลิตน้ำมันเบามากที่สุดเป็น 0.25, 0.05, 0.13 และ 0.02 กรัมต่อนาที ตามลำดับ



รูปที่ 4.7 ผลของอัตราการผลิตน้ำมันชนิดเบาต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่ได้จากการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่อุณหภูมิ 390, 410, 430 และ 450 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นเป็น 0.32, 0.60 และ 1.23 กรัมต่อนาที

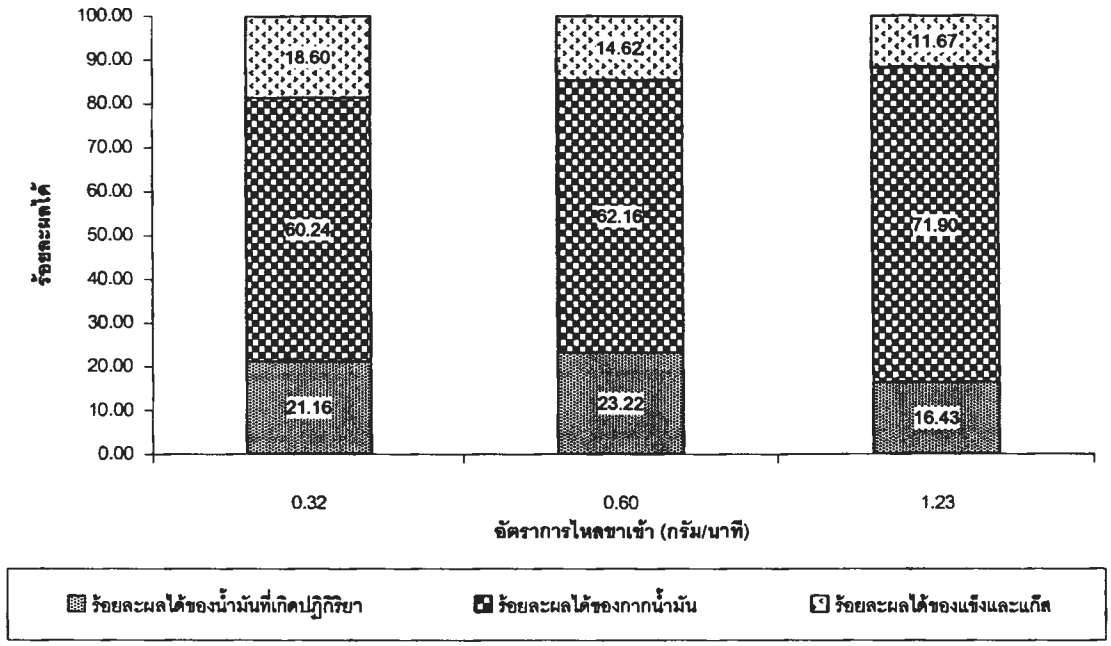
ดังนั้น จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่อุณหภูมิตั้งแต่ 390, 410, 430 และ450 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 390 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังมีลักษณะทางกายภาพเป็นน้ำมันข้นหนืดอยู่ แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของระบบเป็น 410, 430 และ 450 องศาเซลเซียส ภายใต้ภาวะการทดลองเดียวกันจะให้น้ำมันที่มีความหนืดลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 390 ถึง 430 องศาเซลเซียส จะได้ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจากกากน้ำมันไปเป็นน้ำมันชนิดเบามากขึ้น และมากที่สุดที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีการแตกตัวเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และแตกตัวได้อย่างเหมาะสมที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียสเมื่อนำสารผลิตภัณฑ์ไปวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง Simulated Distillation Gas Chromatograph จึงพบว่าที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียสได้ปริมาณของแนฟทามากกว่าที่อุณหภูมิอื่น และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของระบบเป็น 450 องศาเซลเซียสภายใต้ภาวะการทดลองเดียวกันพบว่าได้ผลิตภัณฑ์น้ำมันลดลง เนื่องจากอิทธิพลของการแตกตัวด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดการแตกย่อยโมเลกุลของ

สารประกอบไฮโดรคาร์บอนจนได้โมเลกุลขนาดเล็กอยู่ในรูปแก๊สไฮโดรคาร์บอนมากขึ้นจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่เกิดเป็นแก๊สมากขึ้นที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส

4.2.2 การศึกษาหาอิทธิพลของอัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นที่มีผลต่อการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว

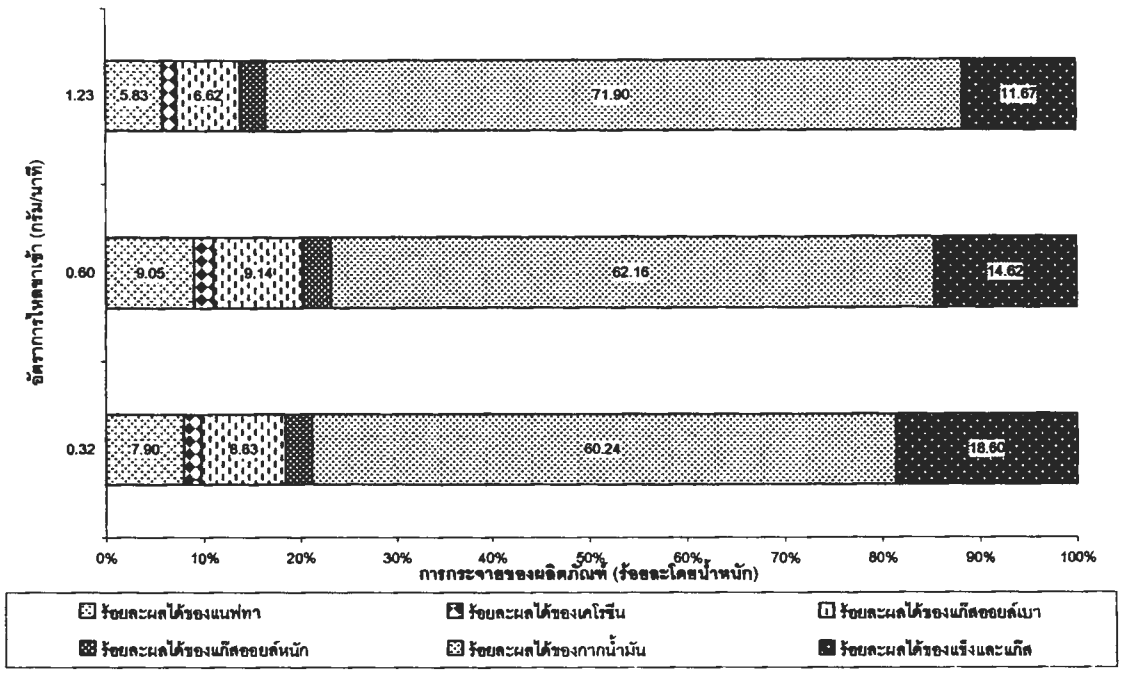
เมื่อทำการศึกษาอิทธิพลของอัตราการไหลที่มีต่อการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว โดยพิจารณาจากร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจากกากน้ำมันไปเป็นน้ำมันชนิดเบา ร้อยละผลได้กากน้ำมันที่เหลือหลังจากที่เกิดปฏิกิริยาแล้ว และร้อยละผลได้ของของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้น อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นที่ใช้ในการทดลองคือ 0.32, 0.60 และ 1.23 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 390, 410, 430 และ 450 องศาเซลเซียสและนำผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้ไปทำการวิเคราะห์เพื่อศึกษาการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์โดยใช้เครื่อง Simulated distillation gas chromatograph พร้อมทั้งแสดงอัตราการผลิตน้ำมันเบาที่ได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลาด้วย

จากรูปที่ 4.8 เป็นการแสดงร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา ร้อยละผลได้กากน้ำมันที่เหลือหลังจากที่เกิดปฏิกิริยาแล้ว และร้อยละผลได้ของของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นจากอิทธิพลของอัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นที่ใช้ในการทดลองคือ 0.32, 0.60 และ 1.23 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 390 องศาเซลเซียส พบว่าที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นที่สูงกว่าจะได้ร้อยละผลได้ของกากน้ำมันจะมีค่ามากกว่าที่อัตราการไหลต่ำๆ โดยอัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นจาก 0.32, 0.60 และ1.23 กรัมต่อนาที จะมีค่าเป็นร้อยละ 60.24, 62.16 และ 71.90 ตามลำดับ เนื่องจากที่อัตราการไหลน้อยกว่าจะทำให้น้ำมันโมเลกุลใหญ่สามารถแตกตัวได้มากกว่า ปริมาณของกากน้ำมันที่เหลืออยู่จึงมีค่าน้อยกว่า และร้อยละผลได้ของของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นน้อยลงจึงมีปริมาณมากขึ้นเป็นร้อยละ 11.67, 14.62 และ18.60 ตามลำดับ เนื่องจากที่อัตราการไหลน้อยน้ำมันเบาที่ได้จากการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วจะสามารถแตกตัวต่อไปอีกเป็นแก๊สได้มากขึ้น



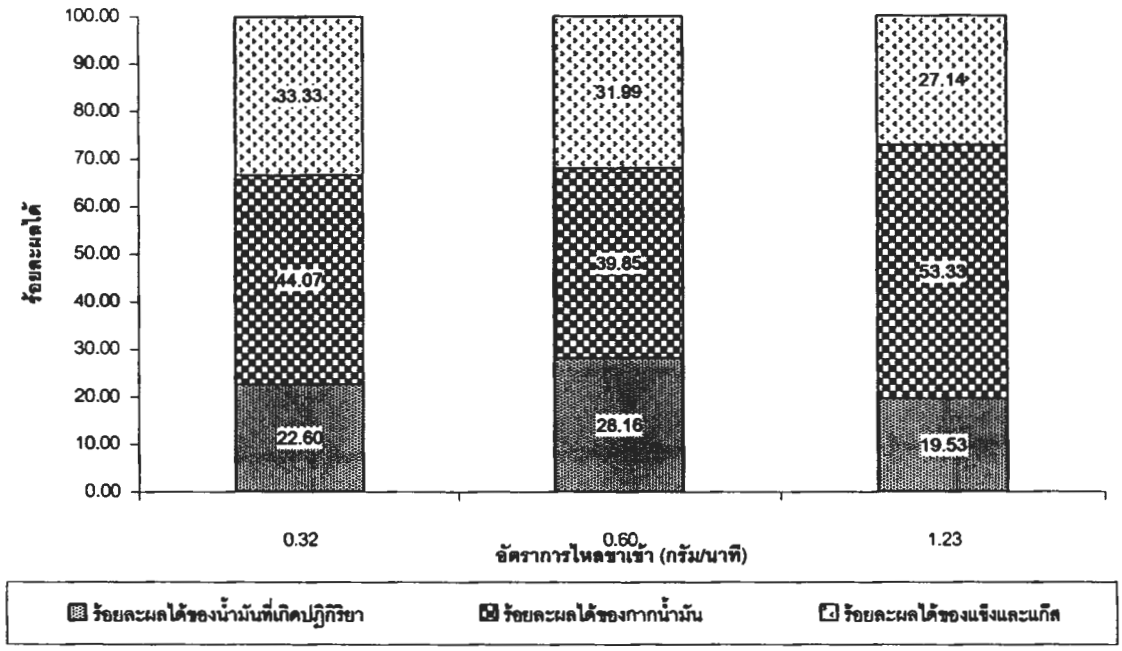
รูปที่ 4.8 อิทธิพลของอัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นที่มีต่อร้อยละผลได้ของ 1)น้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา 2)กากน้ำมัน และ 3)ของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นที่ 0.32, 0.60 และ 1.23 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 390 องศาเซลเซียส

เมื่อนำผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้ไปทำการวิเคราะห์เพื่อศึกษาการกระจายของผลิตภัณฑ์ แสดงผลดังรูปที่ 4.9 พบว่าที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นต่างๆ กันเป็น 0.32, 0.60 และ 1.23 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 390 องศาเซลเซียส ให้ร้อยละผลได้ของแนฟทาไม่ต่างกันมากนักคิดเป็นร้อยละ 7.90, 9.05 และ 5.83 ปริมาณของกากน้ำมันที่เหลืออยู่ที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นเป็น 1.23 กรัมต่อนาทีมีค่ามากที่สุดร้อยละ 71.90 และลดลงเมื่ออัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นน้อยลง ส่วนปริมาณของแก๊สและของแข็งจะลดลงถ้าอัตราการไหลเพิ่มมากขึ้นจาก 0.32, 0.60 และ 1.23 กรัมต่อนาทีเป็นร้อยละ 18.60, 14.62 และ 11.67 ตามลำดับ เนื่องจากที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นมีค่ามากกว่าทำให้การแตกตัวของน้ำมันโมเลกุลใหญ่เกิดขึ้นได้น้อยกว่า ปริมาณของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นจึงน้อยกว่า ทำให้ปริมาณกากน้ำมันที่เหลืออยู่มากกว่า



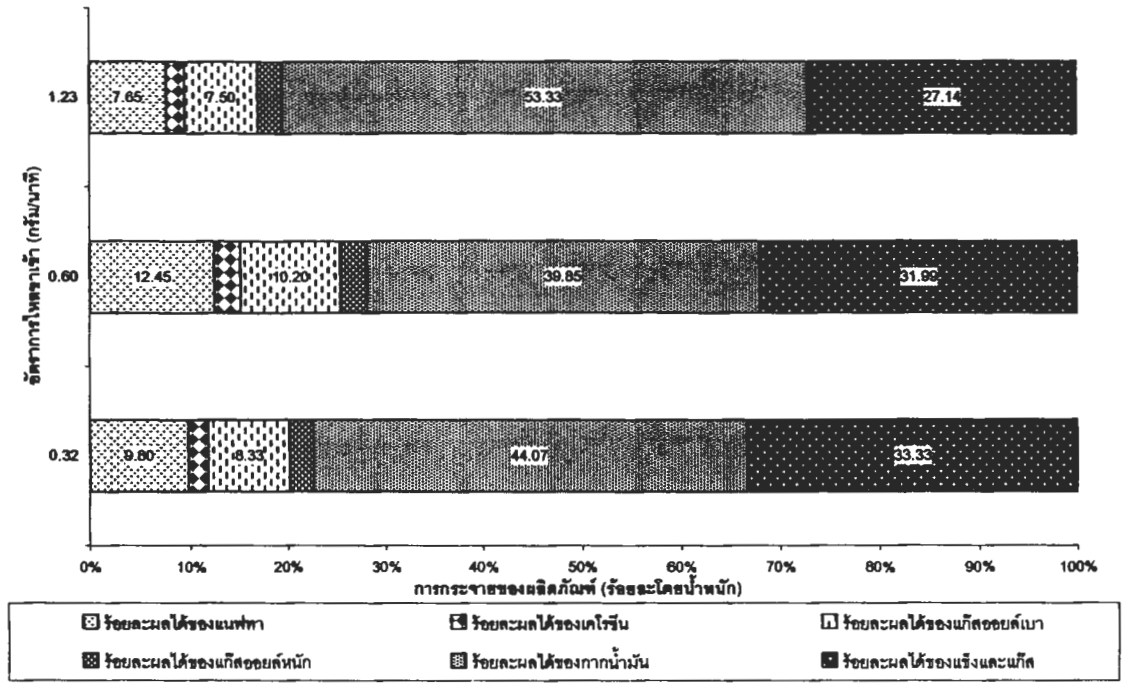
รูปที่ 4.9 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมันจากการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่นที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น เป็น 0.32, 0.60 และ1.23 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 390 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาผลของอัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นที่มีต่อการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่อุณหภูมิ 410 องศาเซลเซียส พิจารณาจากร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา ร้อยละผลได้กากน้ำมันที่เหลือหลังจากที่เกิดปฏิกิริยาแล้ว และร้อยละผลได้ของของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 4.10 พบว่าที่อัตราการไหลน้อยจะได้ร้อยละผลได้ของของแข็งและแก๊สมากขึ้นเป็นร้อยละ 27.14, 31.99 และ 33.33 ตามลำดับ เนื่องจากที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นต่ำ ทำให้น้ำมันหล่อลื่นมีระยะเวลาในการแตกตัวมากกว่า น้ำมันเบาจึงสามารถแตกตัวต่อไปเป็นแก๊สได้มากขึ้น



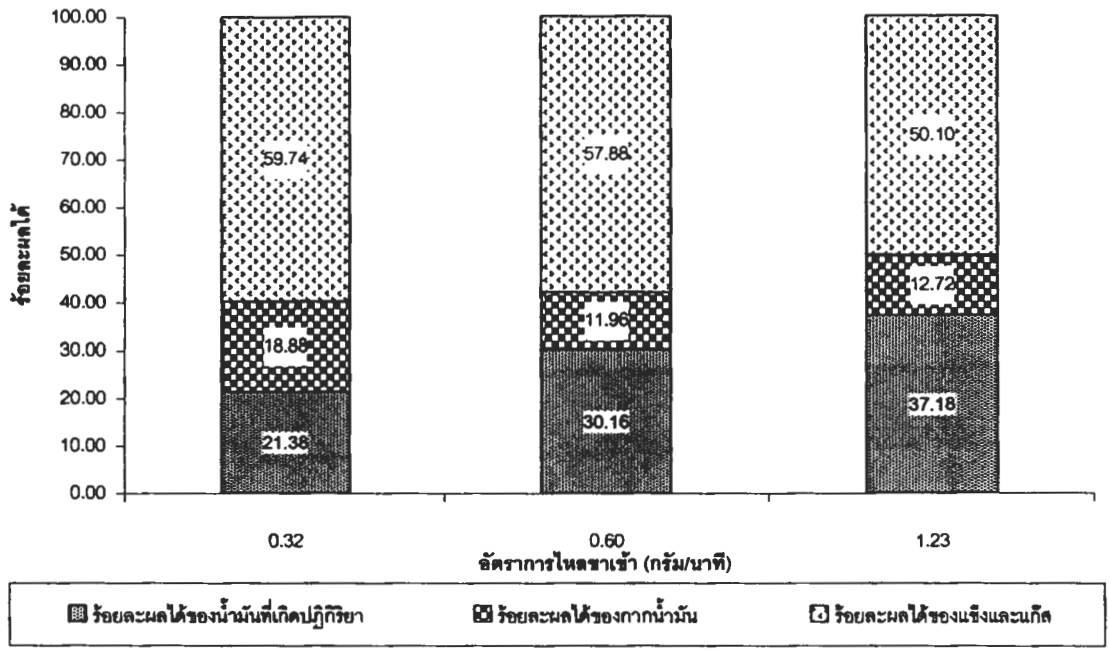
รูปที่ 4.10 อิทธิพลของอัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นที่มีต่อร้อยละผลได้ของ 1)น้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา 2)กากน้ำมัน และ 3)ของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นที่ 0.32, 0.60 และ 1.23 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 410 องศาเซลเซียส

และเมื่อนำผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้ไปทำการวิเคราะห์เพื่อศึกษาการกระจายของผลิตภัณฑ์ แสดงดังรูป 4.11 พบว่า จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมันของการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่นที่อุณหภูมิ 410 องศาเซลเซียส อัตราการไหลเป็น 0.32, 0.60 และ1.23 กรัมต่อนาที พบว่าที่อัตราการไหลต่างๆ กันที่อุณหภูมิ 410 องศาเซลเซียส ให้ร้อยละผลได้ของแนฟทาไม่ต่างกันมากเป็นร้อยละ 9.80, 12.45 และ 7.65 ตามลำดับ



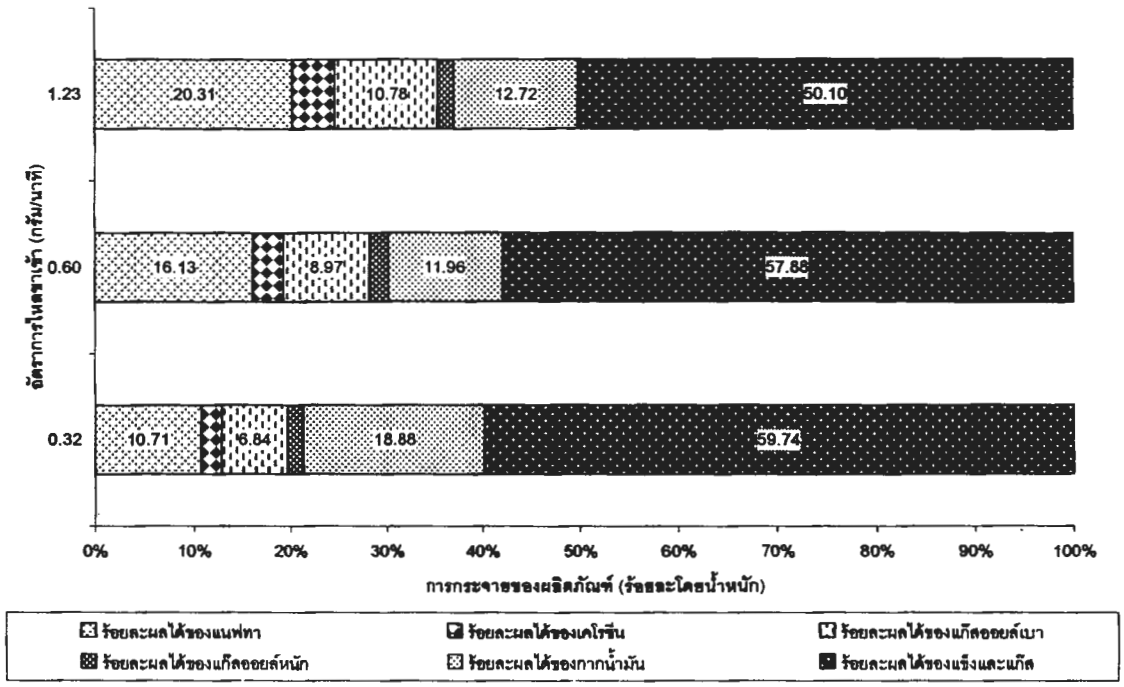
รูปที่ 4.11 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมันจากการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่นที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น เป็น 0.32, 0.60 และ1.23 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 410 องศาเซลเซียส

ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา ร้อยละผลได้กากน้ำมันที่เหลือหลังจากที่เกิดปฏิกิริยาแล้ว และร้อยละผลได้ของของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นจากการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว ที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 0.32, 0.60 และ 1.23 กรัมต่อนาที อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส แสดงดังรูปที่ 4.12 เมื่ออัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นเพิ่มขึ้น พบว่าร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจากกากน้ำมันไปเป็นน้ำมันชนิดเบา มีค่ามากขึ้นเป็นร้อยละ 21.38, 30.16 และ 37.18 ตามลำดับ และร้อยละผลได้ของของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยลงเป็นร้อยละ 59.74, 57.88 และ 50.10 ตามลำดับ เนื่องจากที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 0.32 กรัมต่อนาที น้ำมันหล่อลื่นมีเวลาอยู่ในเครื่องปฏิกรณ์นาน มีโอกาสเกิดปฏิกิริยามาก ทำให้มีการแตกสารโมเลกุลใหญ่เป็นสารโมเลกุลขนาดเล็กได้มาก ดังนั้นปริมาณของของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นจึงมากขึ้นที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นค่าน้อย



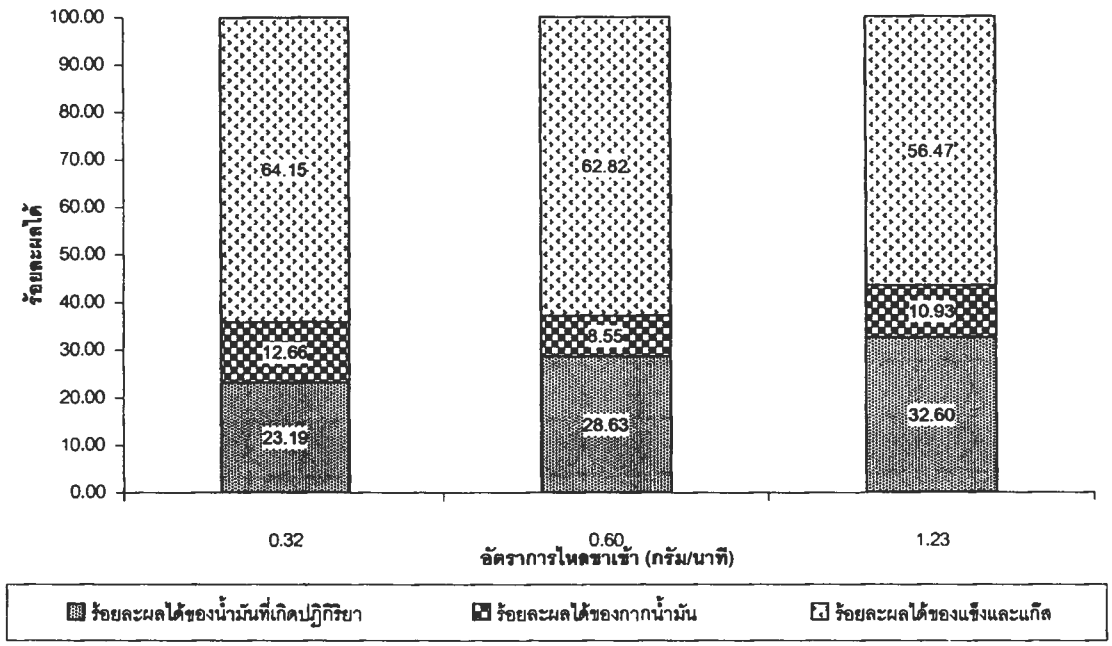
รูปที่ 4.12 อิทธิพลของอัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นที่มีต่อร้อยละผลได้ของ 1)น้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา 2)กากน้ำมัน และ 3)ของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นที่ 0.32, 0.60 และ 1.23 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส

และเมื่อนำผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่นที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 0.32, 0.60 และ1.23 กรัมต่อนาที ไปทำการวิเคราะห์เพื่อศึกษาการกระจายของผลิตภัณฑ์ แสดงดังรูป 4.13 พบว่าที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นต่างๆ กันที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียสให้ร้อยละผลได้ของแนฟทามากขึ้นเป็นร้อยละ 10.71, 16.13 และ 20.31 ตามลำดับ เนื่องจากที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นน้อยๆ น้ำมันโมเลกุลใหญ่จะสามารถแตกตัวกลายเป็นสารโมเลกุลขนาดกลางและยังแตกตัวต่อไปเป็นสารโมเลกุลขนาดเล็กจำพวกแก๊สได้อีกทำให้ปริมาณของน้ำมันเบาที่ได้มีค่าน้อยลง แต่ได้ปริมาณของของแข็งและแก๊สมากขึ้น



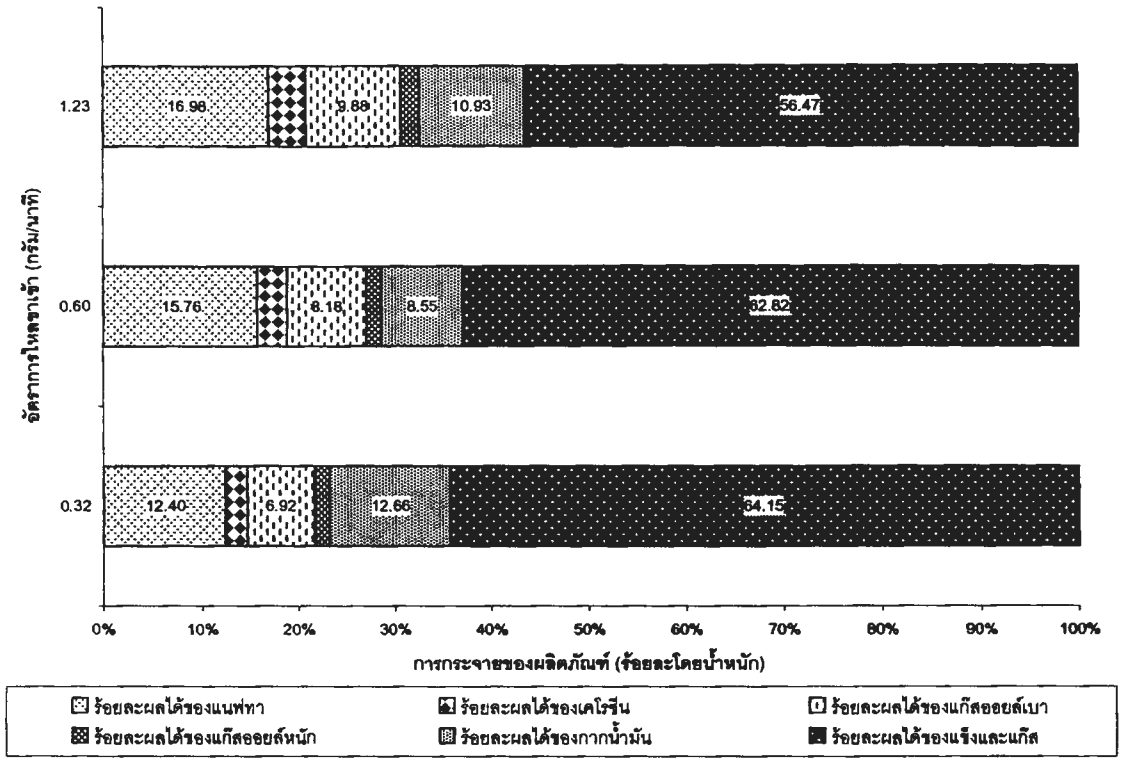
รูปที่ 4.13 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมันจากการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่นที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น เป็น 0.32, 0.60 และ1.23 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส

รูปที่ 4.14 แสดงร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา ร้อยละผลได้กากน้ำมันที่เหลือหลังจากที่เกิดปฏิกิริยาแล้ว และร้อยละผลได้ของของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นจากการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว ด้วยอัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 0.32, 0.60 และ 1.23 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส เมื่ออัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นเพิ่มขึ้น พบว่าร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจากกากน้ำมันไปเป็นน้ำมันชนิดเบา มีค่ามากขึ้นเป็นร้อยละ 23.19, 28.63 และ 32.60 ตามลำดับ และร้อยละผลได้ของของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยลงเป็นร้อยละ 64.15, 62.82 และ 56.47 ตามลำดับ เนื่องจากที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 0.32 กรัมต่อนาที น้ำมันหล่อลื่นมีโอกาสเกิดปฏิกิริยามากเนื่องจากมีเวลาอยู่ในเครื่องปฏิกรณ์นาน ทำให้มีการแตกสารโมเลกุลใหญ่เป็นสารโมเลกุลขนาดเล็กได้มาก ดังนั้นปริมาณของของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นจึงมากกว่าเมื่ออัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นค่าน้อย



รูปที่ 4.14 อิทธิพลของอัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นที่มีต่อร้อยละผลได้ของ 1)น้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา 2)กากน้ำมัน และ 3)ของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นที่ 0.32, 0.60 และ 1.23 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส

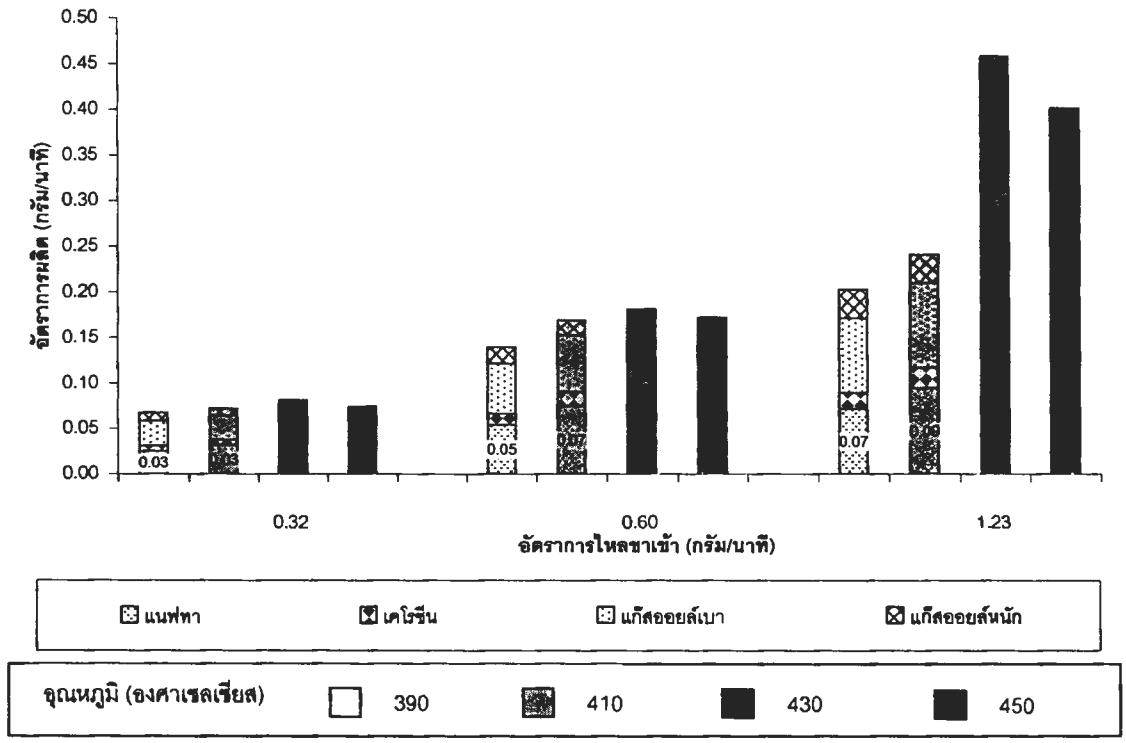
เมื่อนำผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่น อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 0.32, 0.60 และ1.23 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ไปทำการวิเคราะห์เพื่อศึกษาการกระจายของผลิตภัณฑ์ แสดงดังรูป 4.15 พบว่าที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นต่างๆ กันที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ให้ร้อยละผลได้ของแนฟทามากขึ้นเป็นร้อยละ 12.40, 15.76 และ 16.98 ตามลำดับ เนื่องจากที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นน้อยๆ น้ำมันโมเลกุลใหญ่จะสามารถแตกตัวกลายเป็นสารโมเลกุลขนาดกลางและยังแตกตัวต่อไปเป็นสารโมเลกุลขนาดเล็กจำพวกแก๊สได้อีกทำให้ปริมาณของน้ำมันเบาที่ได้มีค่าน้อยลง แต่ได้ปริมาณของของแข็งและแก๊สมากขึ้น



รูปที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมันของการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่นที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นเป็น 0.32, 0.60 และ1.23 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาอัตราการผลิตน้ำมันชนิดเบาต่อหนึ่งหน่วยเวลา ที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นเป็น 0.32, 0.60 และ1.23 กรัมต่อนาที อุณหภูมิ 390, 410, 430 และ 450 องศาเซลเซียส พบว่าอัตราการผลิตน้ำมันต่อหนึ่งหน่วยเวลาจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากในหน่วยเวลาที่เท่ากันมีสารตั้งต้นที่สามารถเกิดปฏิกิริยาการแตกตัวไปเป็นน้ำมันชนิดเบามากกว่า ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันที่เกิดขึ้นจึงมีมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับที่อัตราไหลเข้าของสารตั้งต้นที่น้อยกว่า ดังนั้นที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นสูงขึ้นการผลิตน้ำมันชนิดเบาที่ได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลาก็มีค่ามากขึ้นด้วยเช่นกัน ดังรูปที่ 4.16 ที่อุณหภูมิ 390 องศาเซลเซียส อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 1.23 กรัมต่อนาทีจะให้อัตราการผลิตแนฟทา เคโรซีน แก๊สออยล์เบา และแก๊สออยล์หนักมากที่สุดเป็น 0.07, 0.02, 0.08 และ 0.03 กรัมต่อนาที ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 410 องศาเซลเซียส พบว่าที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 1.23 กรัมต่อนาที ให้อัตราการผลิตน้ำมันเบาต่อหนึ่งหน่วยเวลามากที่สุดเป็นร้อยละ 0.09, 0.02, 0.09 และ0.03 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 1.23 กรัมต่อนาที ให้อัตราการผลิตน้ำมันเบาต่อหนึ่งหน่วยเวลามากที่สุดเป็นร้อยละ 0.25, 0.05, 0.13 และ0.02 ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 450

องศาเซลเซียส อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 1.23 กรัมต่อนาที ให้อัตราการผลิตน้ำมันเบาต่อหนึ่งหน่วยเวลามากที่สุดเช่นกันเป็นร้อยละ 0.21, 0.05, 0.12 และ0.02 ตามลำดับ



รูปที่ 4.16 อัตราการผลิตน้ำมันชนิดเบาต่อหนึ่งหน่วยเวลา ที่ได้จากการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่อุณหภูมิ 390, 410, 430 และ 450 องศาเซลเซียส อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นต่างๆ กันเป็น 0.32, 0.60 และ 1.23 กรัมต่อนาที

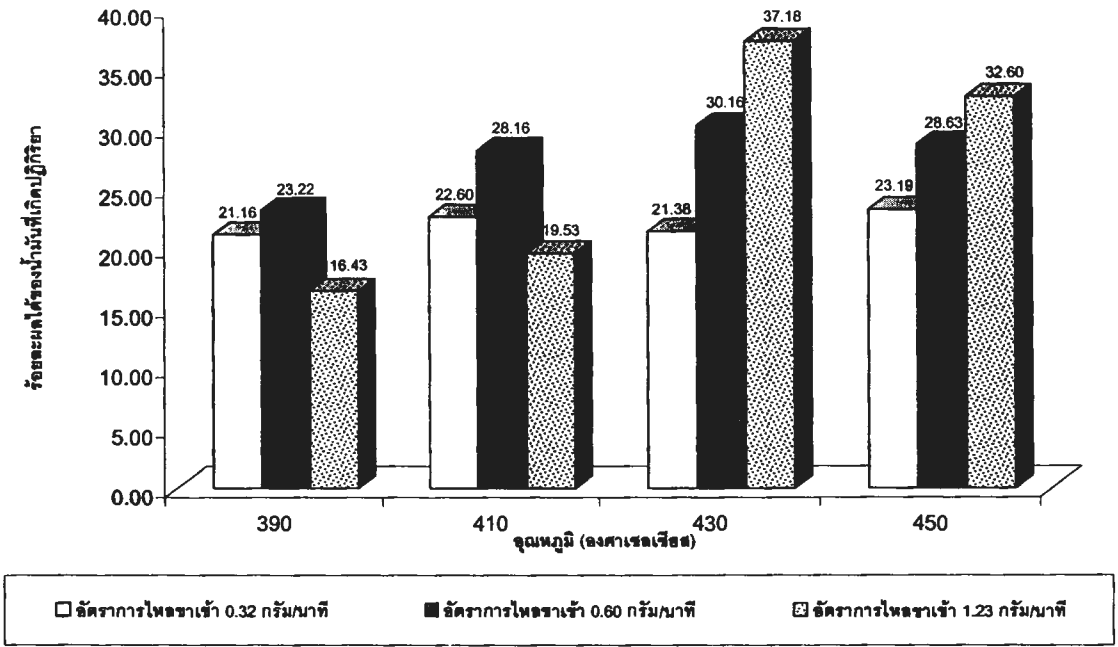
จากการศึกษาอิทธิพลของอัตราการไหลที่มีต่อการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วโดยทดลองที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นต่างๆ กันเป็น 0.32, 0.60 และ 1.23 กรัมต่อนาที อุณหภูมิ 390, 410, 430 และ 450 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นต่ำ จะได้ร้อยละผลได้ของกากน้ำมันที่เหลืออยู่มีค่าน้อยลง ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจากกากน้ำมันเป็นน้ำมันเบาจะมีแนวโน้มมากขึ้นที่อุณหภูมิ 390 และ 450 องศาเซลเซียส แต่ปริมาณของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นมีค่ามากขึ้น เนื่องจากที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นน้อย น้ำมันหล่อลื่นจะสามารถเกิดปฏิกิริยาได้นานกว่าที่อัตราการไหลมาก น้ำมันชนิดเบาที่เกิดจากการแตกตัวแล้วจึงสามารถเกิดปฏิกิริยาต่อได้อีกกลายเป็นแก๊สได้มากขึ้น ดังนั้นที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 1.23 กรัมต่อนาทีจะมีร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจากกากน้ำมันเป็นน้ำมันเบามากที่สุด ส่วนปริมาณของแข็งและแก๊สจะน้อยลงเมื่อเพิ่มอัตราการไหลเนื่องจากเมื่ออัตราการไหลมากขึ้น

เวลาที่สารสามารถเกิดปฏิกิริยาภายในเครื่องปฏิกรณ์จะน้อย ทำให้น้ำมันหล่อลื่นแตกตัวได้เป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดกลางมากกว่าจะเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กหรือพวกแก๊สไฮโดรคาร์บอน และเมื่อพิจารณาถึงอัตราการผลิตน้ำมันเบาที่ได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลา พบว่าที่อัตราการไหลขาเข้าของสารตั้งต้นเป็น 1.23 กรัมต่อนาที มีอัตราการผลิตต่อหนึ่งหน่วยเวลามากที่สุดที่ทุกๆ อุณหภูมิ เนื่องจากที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นมากการเกิดผลิตภัณฑ์เป็นน้ำมันเบาเมื่อพิจารณาต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่เท่าๆ กันจะมีค่ามากตามไปด้วย

4.2.3 การเปรียบเทียบอิทธิพลของอุณหภูมิและอัตราการไหลที่มีผลต่อการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว

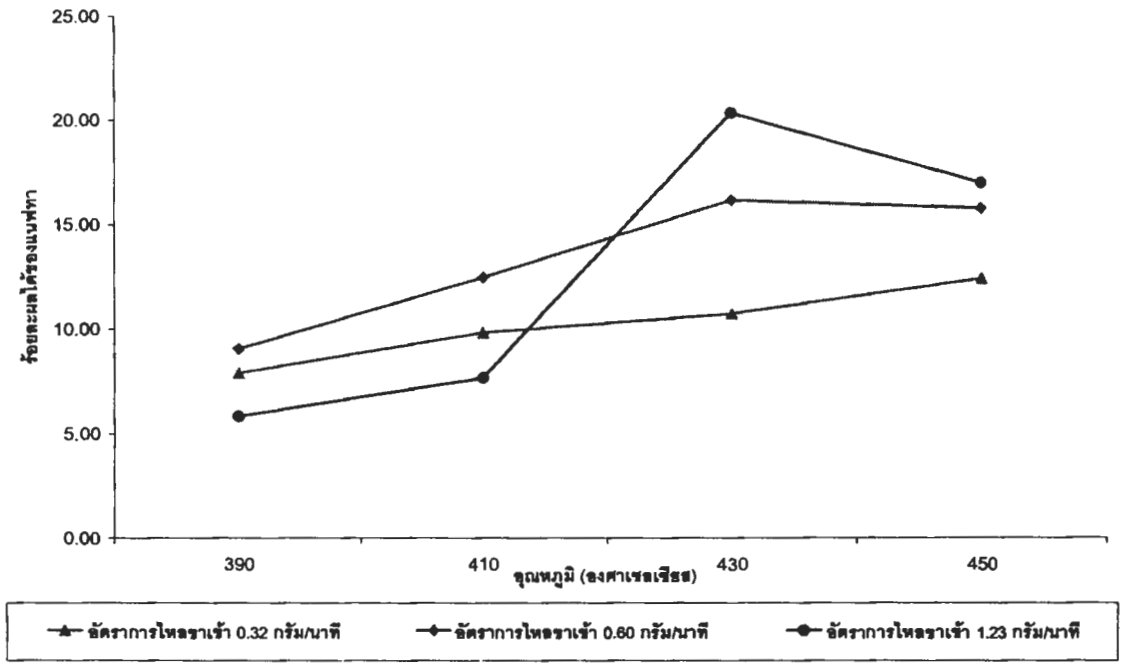
จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและอัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นที่อุณหภูมิเป็น 390, 410, 430 และ 450 องศาเซลเซียส อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 0.32, 0.60 และ 1.23 กรัมต่อนาที พบว่าอุณหภูมิที่สามารถให้ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจากกากน้ำมันไปเป็นน้ำมันชนิดเบาได้มากคือที่อุณหภูมิ 430 และ 450 มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นต่างๆ กันจะพบว่าที่อัตราการไหลเป็น 0.60 และ 1.23 กรัมต่อนาที จะให้ผลแตกต่างกันเล็กน้อยที่อุณหภูมิต่างกัน ดังนั้นจึงนำผลการทดลองมาทำการเปรียบเทียบเพื่อสรุปอุณหภูมิและอัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นที่เหมาะสมที่สุดดังนี้

รูปที่ 4.17 แสดงร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นและอุณหภูมิต่างๆ กันเป็น 0.32, 0.60 และ 1.23 กรัมต่อนาที อุณหภูมิ 390, 410, 430 และ 450 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 1.23 กรัมต่อนาที ได้ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจากกากน้ำมันไปเป็นน้ำมันชนิดเบามากที่สุดเป็นร้อยละ 37.18



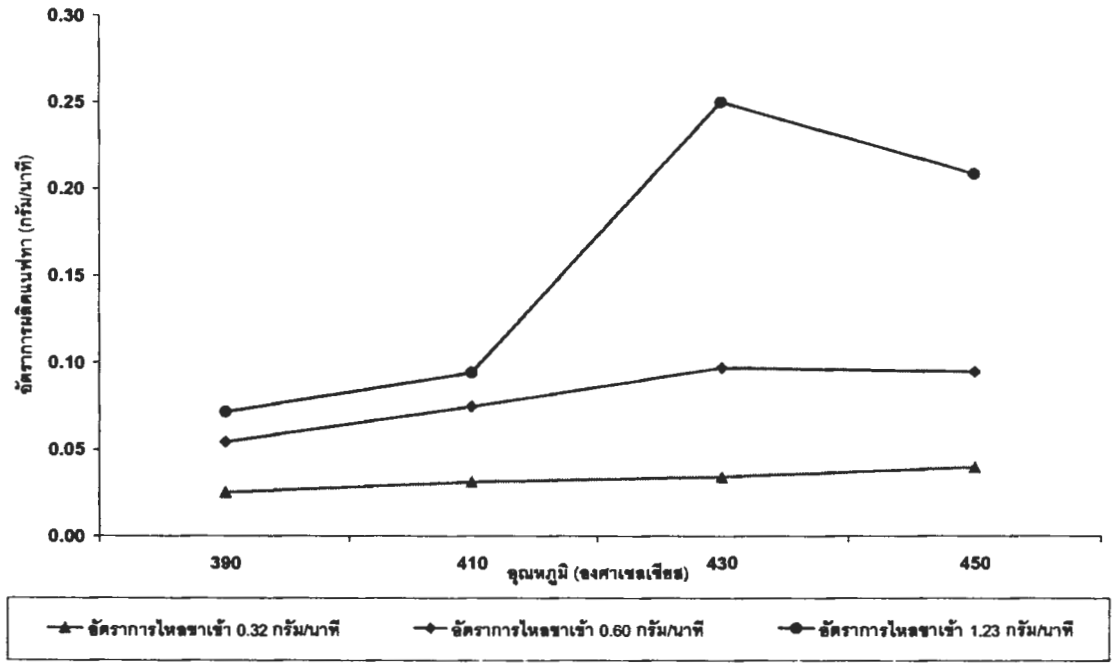
รูปที่ 4.17 ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา จากอิทธิพลของอุณหภูมิที่ 390, 410, 430 และ 450 องศาเซลเซียส อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 0.32, 0.60 และ1.23 กรัมต่อนาที

การเปรียบเทียบร้อยละผลได้ของแนฟทาจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมันโดยใช้เครื่อง Simulated distillation gas chromatograph ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลักในงานวิจัยนี้ พบว่าที่อุณหภูมิและอัตราการไหลขาเข้าของสารตั้งต้นต่างๆ กัน พบว่าที่อัตราการไหล 1.23 กรัมต่อนาที อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส จะให้ค่าร้อยละผลได้ของแนฟทามากที่สุดร้อยละ 20.31 ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 ร้อยละผลได้ของแนฟทาจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมัน ที่อุณหภูมิ 390, 410, 430 และ450 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 0.32, 0.60 และ1.23 กรัมต่อนาที

นอกจากนี้ปริมาณแนฟทาที่ได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลาเมื่อทำการทดลองที่อุณหภูมิและอัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นต่างๆ กัน พบว่าที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นเป็น 1.23 กรัมต่อนาที ให้ปริมาณแนฟทาที่จะผลิตได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลามากที่สุดเช่นเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 4.19 ดังนั้น จึงสรุปว่าอุณหภูมิและอัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นที่ดีที่สุดที่ทำการทดลองคือ ที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส และอัตราการไหล 1.23 กรัมต่อนาที



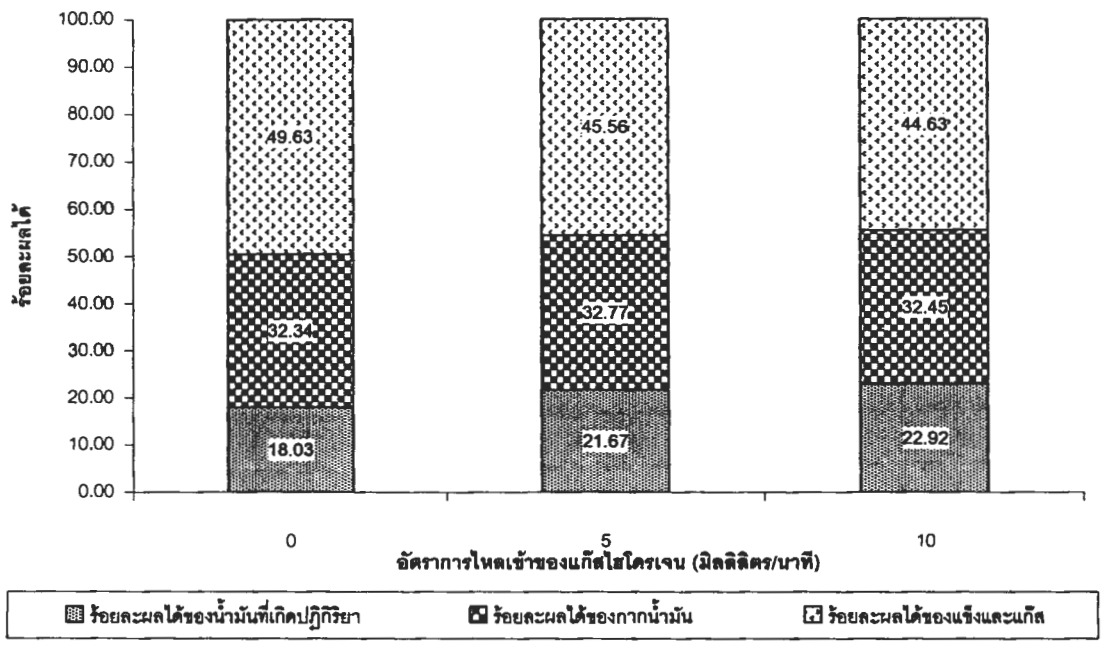
รูปที่ 4.19 อัตราการผลิตแนฟทาต่อหนึ่งหน่วยเวลาจากการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นเป็น 0.32, 0.60 และ1.23 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 390, 410, 430 และ 450 องศาเซลเซียส

4.2.4 อิทธิพลของอัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจนต่อการเกิดปฏิกิริยาเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมัน

เมื่อศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจนที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมัน อัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจน 5 และ 10 มิลลิลิตรต่อนาที และไม่เติมแก๊สไฮโดรเจน ความดันบรรยากาศ ที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 2.05 กรัมต่อนาที โดยพิจารณาจากร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจากกากน้ำมันไปเป็นน้ำมันชนิดเบา ร้อยละผลได้กากน้ำมันที่เหลือหลังจากที่เกิดปฏิกิริยาแล้ว และร้อยละผลได้ของของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้น องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมันจากการวิเคราะห์การกระจายตัวด้วยเครื่อง Simulated distillation gas chromatograph และอัตราการผลิตน้ำมันชนิดเบาได้แก่ แนฟทา เคโรซีน แก๊สออยล์เบา และ แก๊สออยล์หนักที่ได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

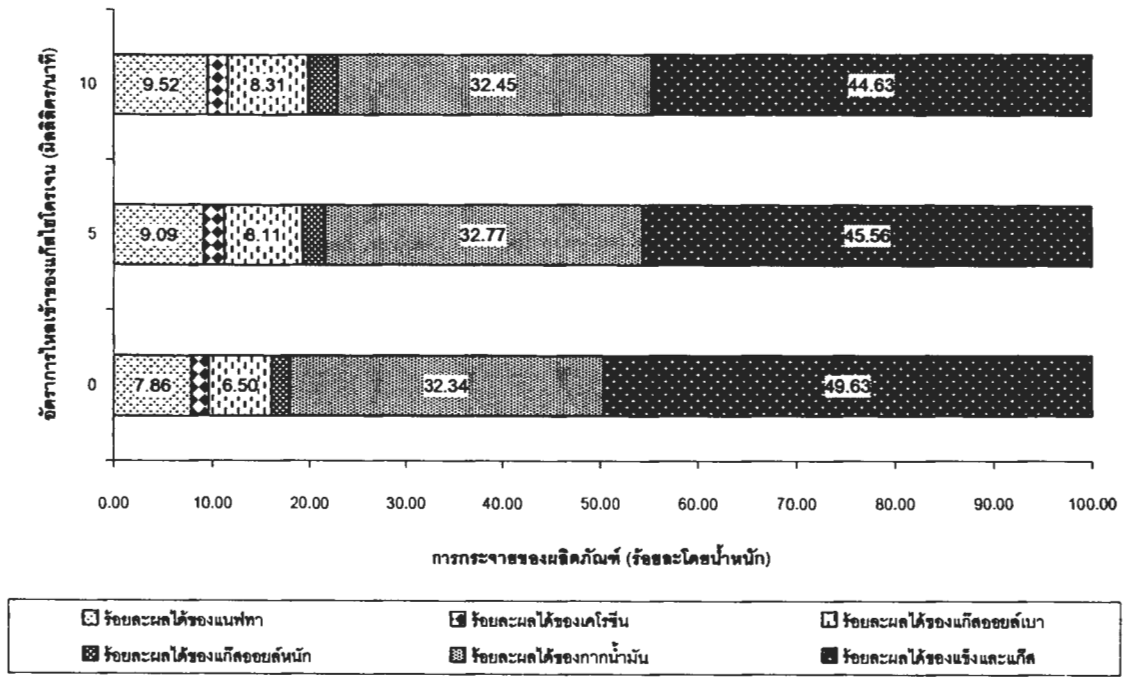
จากรูปที่ 4.20 แสดงผลจากการเติมแก๊สไฮโดรเจนในปริมาณที่อัตราไหลต่างกันเป็น 5 และ 10 มิลลิลิตรต่อนาที และไม่เติมแก๊สไฮโดรเจน พบว่าร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจากกากน้ำมันไปเป็นน้ำมันชนิดเบา ในกรณีที่มีการเติมแก๊สไฮโดรเจนมีค่าใกล้เคียงกัน และมากกว่าที่ไม่มีการเติมแก๊สไฮโดรเจนเป็นร้อยละ 18.03, 21.87 และ22.92 ตามลำดับ ร้อยละ

ผลได้กากน้ำมันที่เหลือหลังจากที่เกิดปฏิกิริยาแล้วมีค่าใกล้เคียงกัน และร้อยละผลได้ของของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยลงเมื่อเติมแก๊สไฮโดรเจน



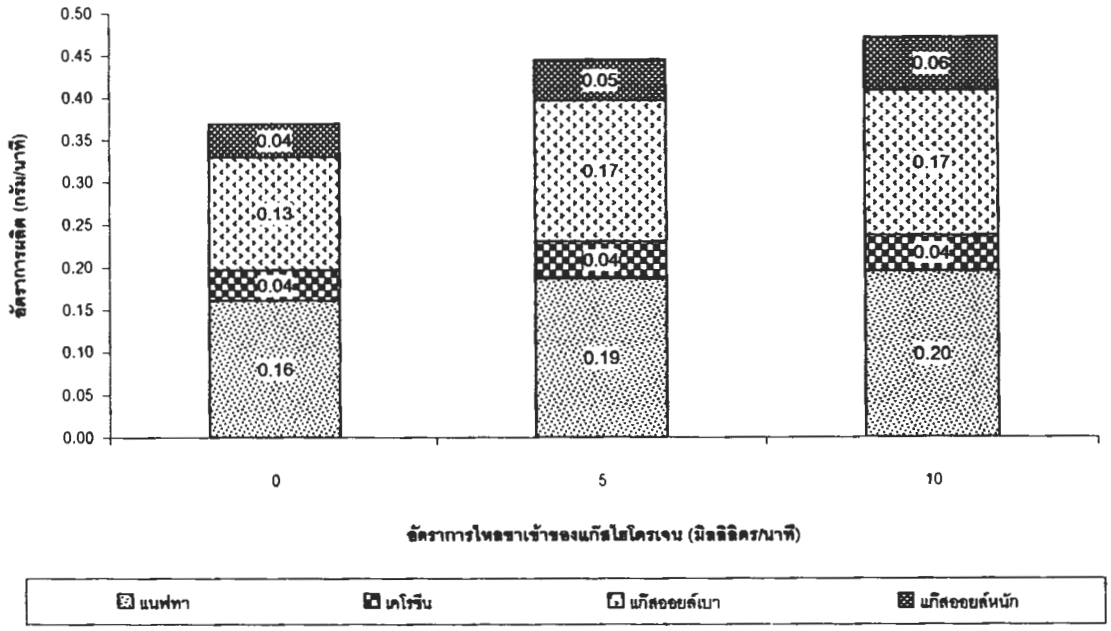
รูปที่ 4.20 อิทธิพลของอัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจนที่มีต่อร้อยละผลได้ของ 1)น้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา 2)กากน้ำมัน และ 3)ของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นที่ 0, 5 และ 10 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 2.05 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากเครื่อง Simulated distillation gas chromatograph แสดงดังรูปที่ 4.21 พบว่าเมื่อเติมแก๊สไฮโดรเจนทั้งที่ 5 และ 10 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาณแนฟทาที่เกิดขึ้นมีค่ามากขึ้นอย่างใกล้เคียงกันเป็นร้อยละ 9.09 และ 9.52 ตามลำดับ และมีค่ามากกว่ากรณีที่ไม่มีการเติมแก๊สไฮโดรเจน ส่วนปริมาณของแข็งและแก๊สที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อยลงเมื่อเติมแก๊สไฮโดรเจนเป็นร้อยละ 49.53, 45.56 และ 44.53 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากในการทดลองที่อุณหภูมิคงที่แก๊สไฮโดรเจนที่เติมลงไปนั้น ช่วยกระตุ้นปฏิกิริยาการแตกตัวได้เพียงเล็กน้อย กลไกหลักในการแตกตัวยังคงเป็นการแตกตัวด้วยความร้อน ดังนั้นอัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจนที่เติมลงไปจึงไม่มีผลกับผลิตภัณฑ์มากนัก เพียงแต่เป็นการช่วยลดการเกิดเป็นของแข็งได้เล็กน้อย



รูปที่ 4.21 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมัน จากการจากการศึกษาอิทธิพลของอัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจน 0, 5 และ 10 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 2.05 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 4.22 แสดงอัตราการผลิตน้ำมันเบาที่ได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลา พบว่าเมื่อเติมแก๊สไฮโดรเจนมีผลให้อัตราการผลิตน้ำมันเบามีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากแก๊สไฮโดรเจนสามารถช่วยกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาได้เล็กน้อยที่สภาวะการทดลองเดียวกันนี้ ส่วนการเติมแก๊สไฮโดรเจนปริมาณ 5 และ 10 มิลลิลิตรต่อนาที พบว่าอัตราการผลิตน้ำมันเบาที่ได้มีค่าไม่แตกต่างกันมาก ดังนั้นอัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจนที่เหมาะสมในการนำไปใช้ทดลองต่อไปคือ 5 มิลลิลิตรต่อนาที

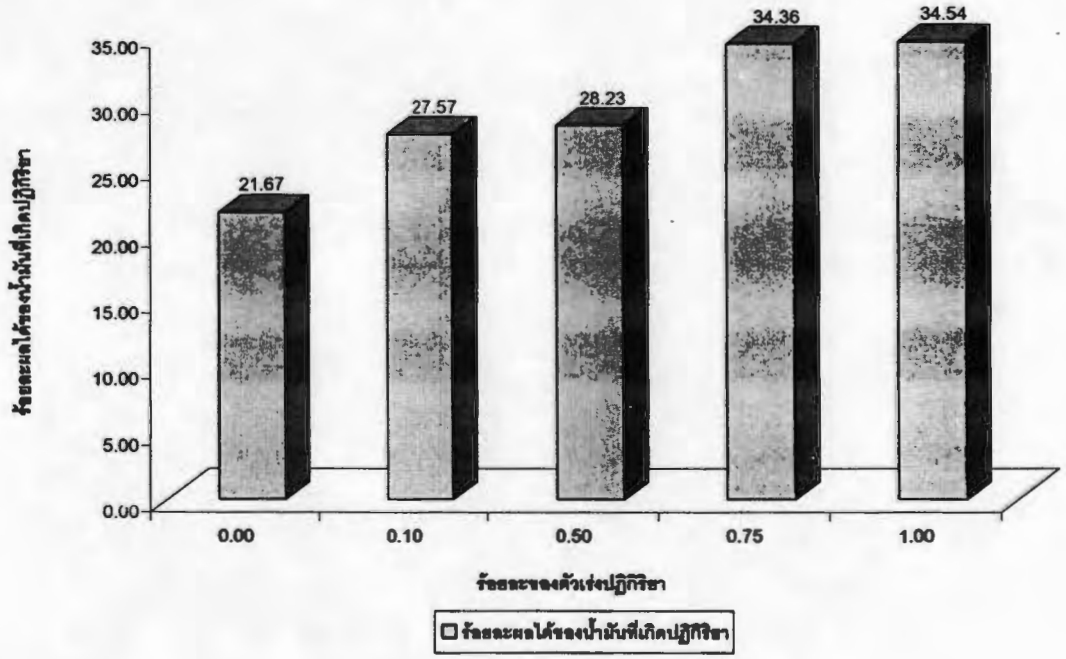


รูปที่ 4.22 อัตราการผลิตน้ำมันเบาที่ได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลา จากการจากการศึกษาอิทธิพล ของอัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจน 0, 5 และ 10 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 2.05 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส

4.2.5 อิทธิพลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาต่อการเกิดปฏิกิริยาเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมัน

ศึกษาถึงอิทธิพลของปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาที่มีผลต่อการเกิดการเกิดปฏิกิริยาเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมัน โดยปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่างๆ กัน เป็นร้อยละ 0.10, 0.50, 0.75 และ 1.00 โดยน้ำหนัก และไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส อัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจน 5 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 2.05 กรัมต่อนาที โดยพิจารณาจากร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจากกากน้ำมันไปเป็นน้ำมันชนิดเบา องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมันจากการวิเคราะห์การกระจายตัวด้วยเครื่อง Simulated distillation gas chromatography อัตราการผลิตน้ำมันชนิดเบาได้แก่ แนฟทา เคโรซีน แก๊สออยล์เบา และ แก๊สออยล์หนักที่ได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลา และในการผลิตน้ำมันเบาจากการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วนี้ยังต้องนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปผ่านกระบวนการกลั่นเพื่อได้น้ำมันที่มีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้ ส่วนกากน้ำมันเหลือหากมีปริมาณมากจะทำให้ต้องใช้พลังงานในการกลั่นมาก ดังนั้นในส่วนการทดลองนี้ยังได้แสดงอัตราส่วนระหว่างร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจากกากน้ำมันไปเป็นน้ำมันเบาที่ได้กับปริมาณกากน้ำมันที่เหลือไว้ด้วย

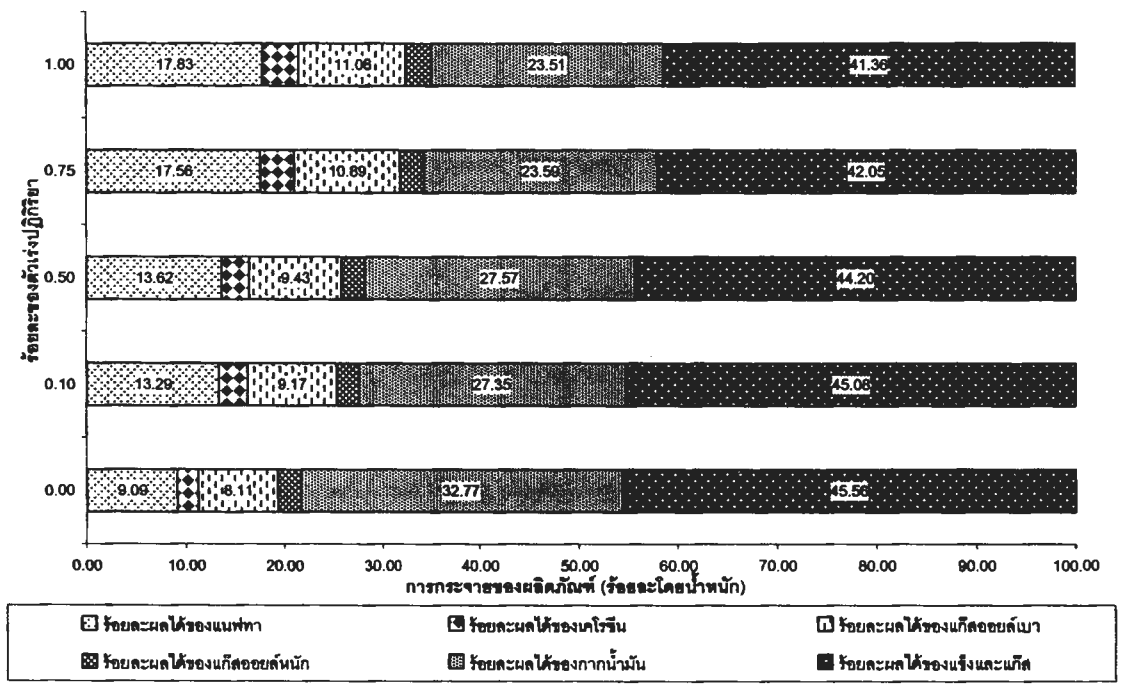
จากผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.23 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาจากร้อยละ 0.10 ถึง 1.00 โดยน้ำหนัก พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากการเปลี่ยนกากน้ำมันไปเป็นน้ำมันชนิดเบามีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 27.57, 28.23, 34.36 และ34.54 ตามลำดับ เนื่องจากการที่ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มากขึ้นทำให้เกิดการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วได้ดีขึ้น เพราะตัวเร่งปฏิกิริยาจะเข้าไปมีบทบาทในการแตกตัวของสารตั้งต้นโมเลกุลขนาดใหญ่ให้เป็นสารผลิตภัณฑ์โมเลกุลขนาดเล็กลงได้มากขึ้น จึงทำให้ได้ปริมาณของผลิตภัณฑ์น้ำมันเบามากขึ้น โดยสังเกตได้ชัดเจนเมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาจากร้อยละ 0.50 เป็นร้อยละ 0.75 แต่เมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาไปเป็นร้อยละ 1.00 ได้ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยามากขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น



รูปที่ 4.23 ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา จากอิทธิพลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 0.00, 0.10, 0.50, 0.75 และ 1.00 โดยน้ำหนัก อัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจน 5 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 2.05 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส

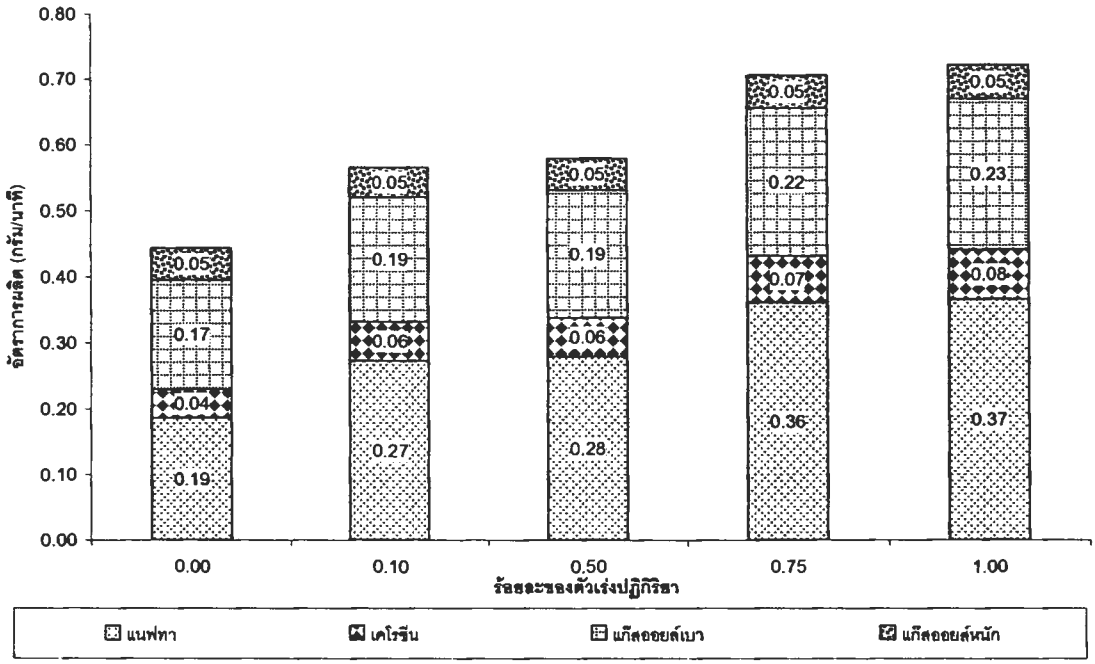
เมื่อนำผลิตภัณฑ์น้ำมันมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบจุดเดือดโดยเครื่อง Simulated distillation gas chromatography แสดงผลการวิเคราะห์ดังรูป 4.24 พบว่าเมื่อปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยามากขึ้นจากร้อยละ 0.10 ถึง 1.00 โดยน้ำหนัก การแตกตัวสารโมเลกุลใหญ่จำพวกกากน้ำมันหนักเกิดได้มากขึ้น ได้เป็นสารที่มีขนาดโมเลกุลขนาดเล็กจำพวกแนฟทา

เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 13.29, 13.62, 17.56 และ 17.83 ตามลำดับ และเมื่อทำการเปรียบเทียบการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว เมื่อมีการเติมและไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าเมื่อไม่มีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา กลไกที่เกิดขึ้นจะมีเพียงการแตกตัวด้วยความร้อนเท่านั้น ในขณะที่เมื่อมีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา ตัวเร่งนั้นจะมีส่วนช่วยแตกโมเลกุลของสารโมเลกุลขนาดกลางที่ได้จากการแตกตัวด้วยความร้อนในช่วงแรกให้มีขนาดเล็กลงไปเป็นโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็กจำพวกแนฟทามากขึ้น ดังนั้นการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจึงมีส่วนช่วยเพิ่มการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นให้เป็นน้ำมันเบาได้มากขึ้น



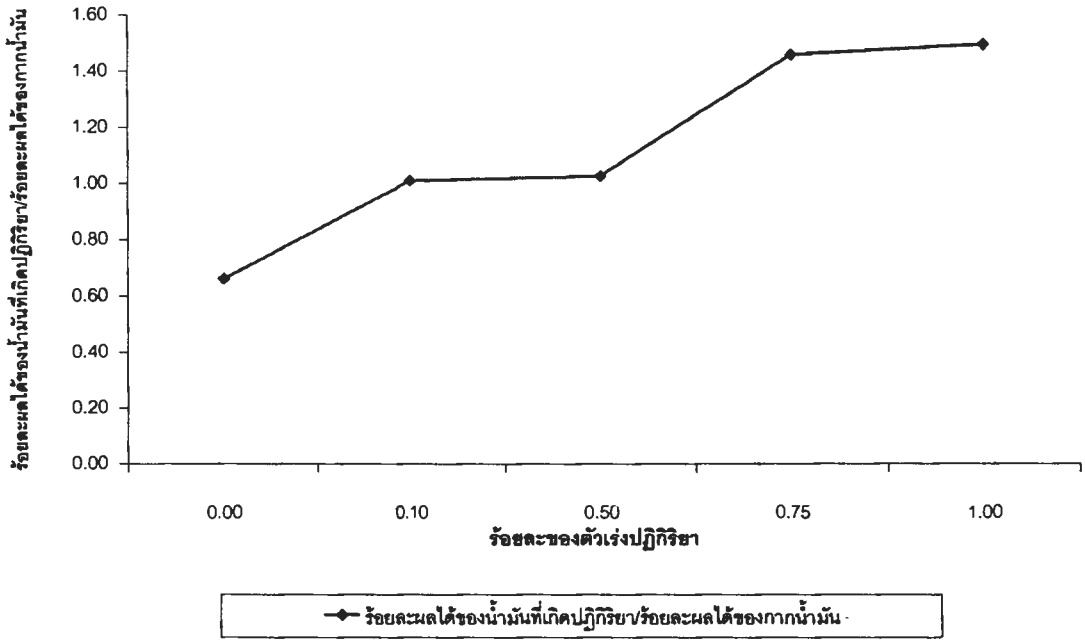
รูปที่ 4.24 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมัน จากอิทธิพลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 0, 0.10, 0.50, 0.75 1.00 โดยน้ำหนัก อัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจน 5 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 2.05 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 4.25 แสดงอัตราการผลิตน้ำมันเบาอันได้แก่ แนฟทา เคโรซีน แก๊สออยล์เบา และแก๊สออยล์หนักที่ได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลา พบว่าเมื่อเพิ่มตัวเร่งปฏิกิริยาอัตราการผลิตน้ำมันเบาที่ได้มีค่ามากขึ้นตามลำดับ โดยปริมาณของน้ำมันเบารวมที่เกิดขึ้นทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาจากร้อยละ 0.5 เป็นร้อยละ 0.75 แต่เมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาไปอีกเป็นร้อยละ 1.0 พบว่าได้ปริมาณของน้ำมันเบาเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 4.25 อัตราการผลิตน้ำมันเบาที่ได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลาจากการจากการศึกษาอิทธิพลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 0.00, 0.10, 0.50, 0.75 และ 1.00 โดยน้ำหนัก อัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจน 5 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 2.05 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส

อัตราส่วนระหว่างร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจากกากน้ำมันไปเป็นน้ำมันเบาที่ได้กับปริมาณกากน้ำมันที่เหลือแสดงดังรูปที่ 4.26 พบว่าในการทดลองที่ไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยามีค่าอัตราส่วนน้อยความหมายว่า มีปริมาณน้ำมันเบาที่เกิดจากการแตกตัวน้อย ในขณะยังเหลือกากน้ำมันในปริมาณมาก แสดงว่าเกิดการแตกตัวไม่ค่อยดี เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองที่มีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่า เมื่อปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.10, 0.50, 0.75 และ 1.00 โดยน้ำหนัก จะมีค่าอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเป็น 1.01, 1.02, 1.46 และ 1.49 ตามลำดับ โดยอัตราส่วนระหว่างร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจากกากน้ำมันไปเป็นน้ำมันเบาที่ได้กับปริมาณกากน้ำมันที่เหลืออยู่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาจากร้อย 0.50 เป็นร้อยละ 0.75 แต่เมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาไปอีกเป็นร้อยละ 1.00 พบว่าได้อัตราส่วนเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายหากจะนำสภาวะนี้ไปใช้จริงในอนาคตจึงปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมคือร้อยละ 0.75 และนำค่านี้ไปใช้ในการทดลองต่อไป



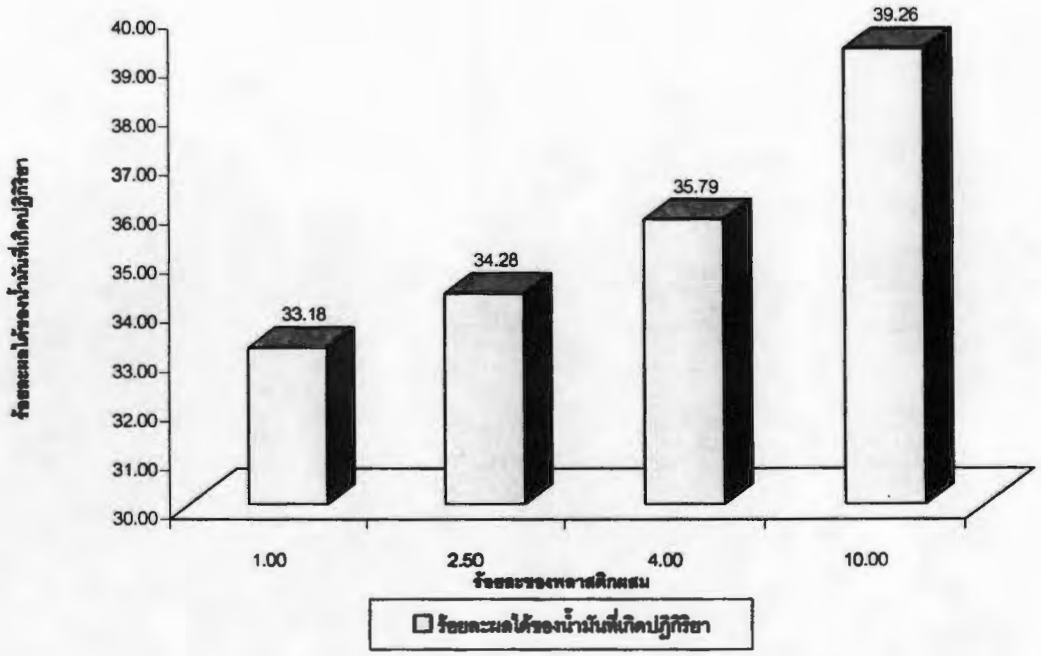
รูปที่ 4.26 อิทธิพลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราส่วนระหว่างร้อยละของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยากับปริมาณกากน้ำมันที่เหลือ ร้อยละ 0.00, 0.10, 0.50, 0.75 และ 1.00 โดยน้ำหนัก อัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจน 5 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 2.05 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส

4.2.6 อิทธิพลของปริมาณพลาสติกผสมระหว่างพอลิพรอพิลีนและพอลิสไตรีนกับน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วต่อการเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมัน

เมื่อศึกษาถึงผลของปริมาณของพลาสติกผสมกับน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว โดยปริมาณของพลาสติกผสมที่ใช้คือร้อยละ 1.00, 2.50, 4.00 และ 10.00 โดยน้ำหนัก ซึ่งอัตราส่วนของพลาสติกที่ใช้เป็นพอลิพรอพิลีนต่อพอลิสไตรีนเป็น 70: 30 เนื่องจากในปัจจุบันปริมาณของพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน และพอลิสไตรีนที่มีการผลิตใช้ในประเทศไทยปี 2547 พบว่ามีปริมาณการใช้ที่มีแนวโน้มสูงขึ้นและมากเมื่อเทียบกับพลาสติกชนิดอื่น ๆ ซึ่งถ้าคิดเป็นอัตราส่วนเฉพาะของพอลิพรอพิลีนกับพอลิสไตรีนจะเป็น 70 : 30 อีกทั้งขยะพลาสติกในปัจจุบันก็ไม่ได้จัดแยกเป็นชนิดแต่ละชนิดอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลที่เลือกนำเอาพลาสติกทั้งสองชนิดนี้มาทำการแตกตัวให้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำมันที่มีคุณค่า และเลือกนำเอาอัตราส่วนนี้ ซึ่งมีเหตุผลจากปริมาณการใช้ปริมาณพลาสติกและขยะพลาสติกที่เกิดขึ้นภายในประเทศไทยนั่นเอง [48] ทำการทดลองที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นเป็น 2.01 กรัมต่อนาที อัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจน 5 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 0.75 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส

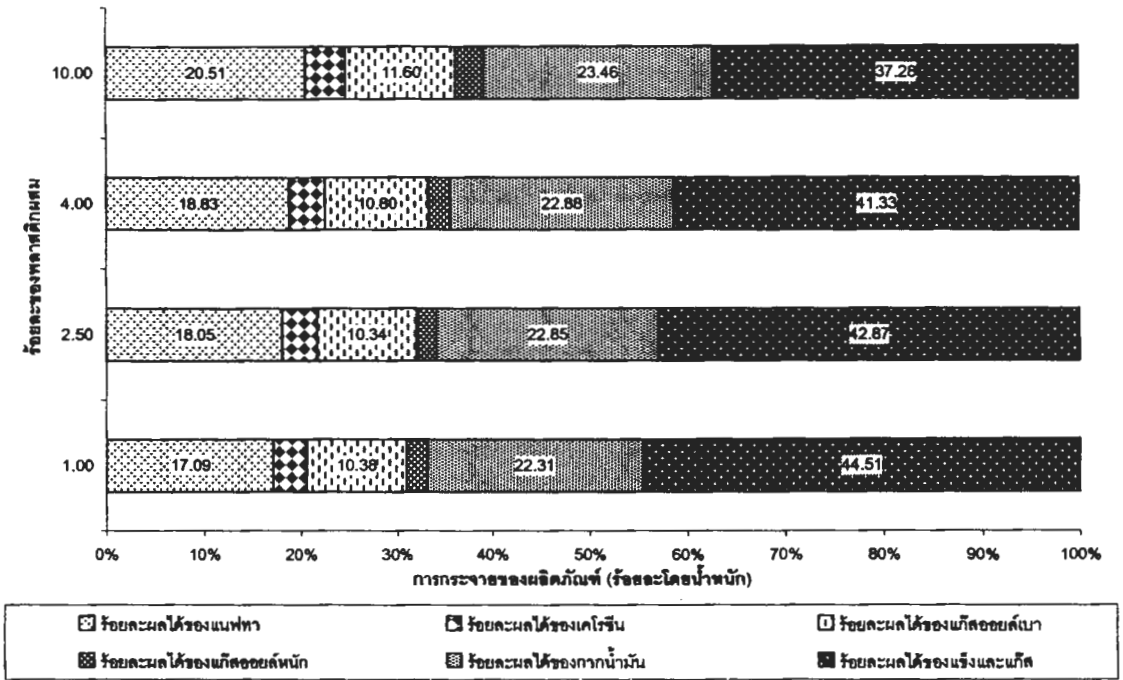
โดยพิจารณาจากร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมันจากการวิเคราะห์การกระจายตัวด้วยเครื่อง Simulated distillation gas chromatograph อัตราการผลิตน้ำมันชนิดเบาได้แก่ แนฟทา เคโรซีน แก๊สออยล์เบา และ แก๊สออยล์หนักที่ได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลา และอัตราส่วนระหว่างร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจากกากน้ำมันไปเป็นน้ำมันเบาที่ได้กับปริมาณกากน้ำมันที่เหลือ

จากรูปที่ 4.27 แสดงร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของพลาสติกมากขึ้นทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ของน้ำมันเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเมื่อเติมพลาสติกลงไปในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้การแตกตัวเป็นสารผลิตภัณฑ์เกิดได้ง่ายขึ้น เพราะพลาสติกที่ใช้เป็นพลาสติกที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก สามารถแตกตัวได้ง่ายกว่าการใช้น้ำมันหล่อลื่นเพียงอย่างเดียวจึงส่งผลทำให้โมเลกุลของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาวเกิดการแตกตัวเป็นไฮโดรคาร์บอนขนาดกลาง และตัวเร่งปฏิกิริยาก็จะมีบทบาทในการช่วยการแตกตัวของโมเลกุลขนาดกลางให้เป็นไฮโดรคาร์บอนที่มีขนาดเล็กลงได้



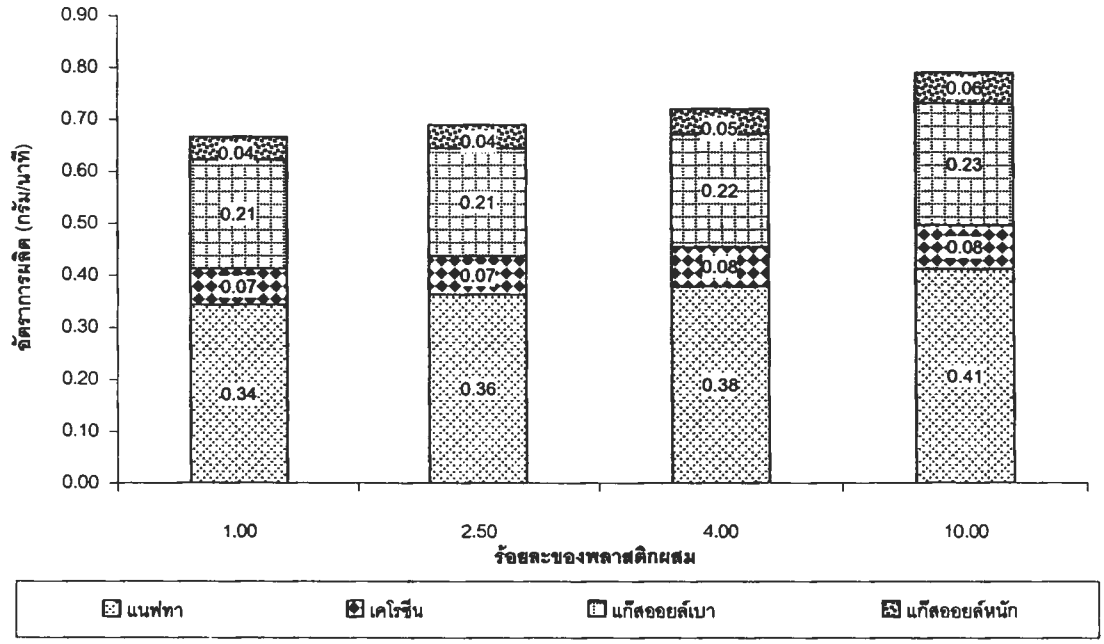
รูปที่ 4.27 **อิทธิพลของปริมาณพลาสติกผสมพอลิพรอพิลีนกับพอลิสไตรีน** 70 : 30 **ที่มีต่อร้อยละของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาที่ร้อยละ** 1.00, 2.50, 4.00 **และ**10.00 **โดยน้ำหนัก ตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ** 0.75 **โดยน้ำหนัก อัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจน** 5 **มิลลิลิตรต่อนาที อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น** 2.01 **กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ** 430 **องศาเซลเซียส**

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์น้ำมันเพื่อหาค่าการกระจายตามคาบจุดเดือด แสดงดังรูป 4.28 **พบว่า เมื่อผสมพลาสติกกับน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว จะได้ผลิตภัณฑ์น้ำมันที่มีปริมาณแนฟทามากขึ้น เนื่องจากพลาสติกพอลิพรอพิลีนและพอลิสไตรีนเป็นพลาสติกที่มีขนาดโมเลกุลขนาดเล็ก สามารถแตกตัวให้เป็นโมเลกุลขนาดเล็กได้ง่าย อีกทั้งยังช่วยให้ไฮโดรเจนแก่น้ำมันหล่อลื่นทำให้น้ำมันหล่อลื่นแตกตัวได้ดีขึ้นเมื่อรวมกับพลาสติกจึงได้ปริมาณของแนฟทามากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของพลาสติกมากขึ้น**



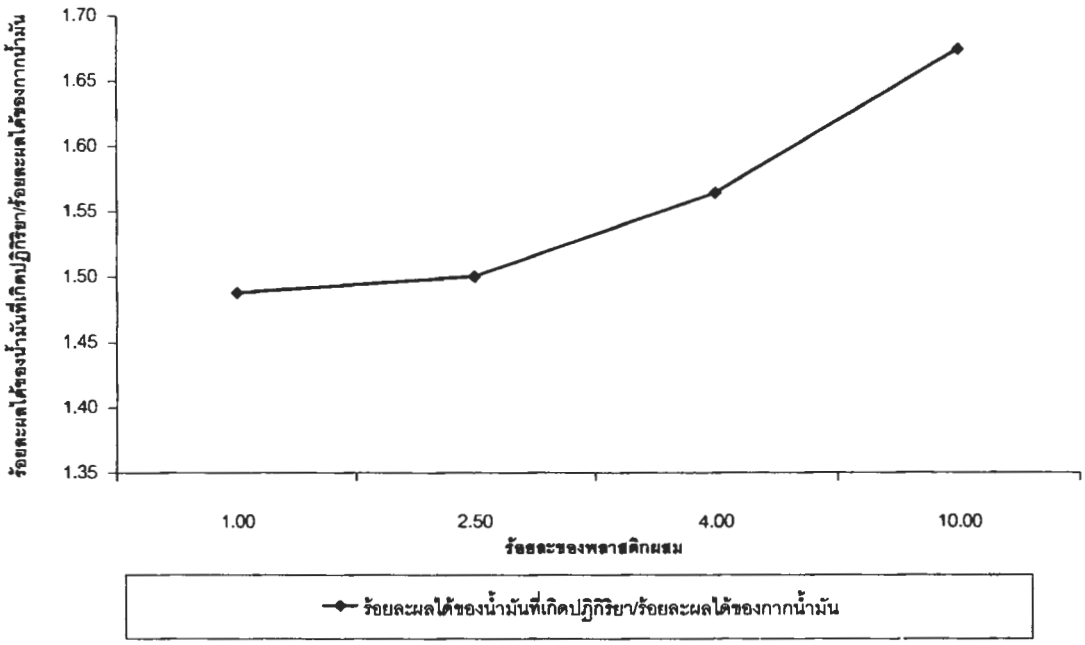
รูปที่ 4.28 องค์ประกอบผลิตภัณฑ์น้ำมัน จากอิทธิพลของปริมาณพลาสติกผสมพอลิพรอพิลีนกับพอลิสไตรีน 70 : 30 ร้อยละ 1.00, 2.50, 4.00 และ10.00 โดยน้ำหนัก ตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 0.75 โดยน้ำหนัก อัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจน 5 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 2.01 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 4.29 แสดงผลของอัตราการผลิตน้ำมันเบาได้แก่ แนฟทา เคโรซีน แก๊สออยล์เบา และ แก๊สออยล์หนักที่ได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลา พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณพลาสติกผสม อัตราการผลิตน้ำมันเบาที่ได้มีค่ามากขึ้นตามลำดับ และเมื่อใช้ปริมาณพลาสติกผสมเป็นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก พบว่ามีอัตราการผลิตน้ำมันเบามากที่สุด ได้แก่ แนฟทา เคโรซีน แก๊สออยล์เบา และ แก๊สออยล์หนักร้อยละ 0.41, 0.08, 0.23 และ 0.06 ตามลำดับ



รูปที่ 4.29 อัตราการผลิตน้ำมันเบาที่ได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลา จากอิทธิพลของปริมาณพลาสติกผสมพอลิพรอพิลีนกับพอลิสไตรีน 70 : 30 ร้อยละ 1.00, 2.50, 4.00 และ10.00 โดยน้ำหนัก ตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 0.75 โดยน้ำหนัก อัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจน 5 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 2.01 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส

อัตราส่วนระหว่างร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยากับปริมาณกากน้ำมันที่เหลือแสดงดังรูปที่ 4.30 พบว่าในการทดลองที่ไม่เติมพลาสติกผสมมีค่าอัตราส่วนน้อยกว่าเมื่อมีการเติมพลาสติกผสม หมายความว่า มีปริมาณน้ำมันเบาที่เกิดจากการแตกตัวน้อย ในขณะยังเหลือกากน้ำมันในปริมาณมาก และเมื่อเพิ่มปริมาณของพลาสติกผสมเป็นร้อยละ 1.00, 2.50, 4.00 และ 10.00 โดยน้ำหนัก จะมีค่าอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเป็น 1.49, 1.50, 1.56 และ 1.67 ตามลำดับ เนื่องจากเมื่อเติมปริมาณของพลาสติกลงไปมากขึ้นทำให้การแตกตัวเป็นสารผลิตภัณฑ์ได้ง่ายขึ้น เพราะพลาสติกที่ใช้เป็นพลาสติกที่มีโมเลกุลขนาดเล็กสามารถแตกตัวได้ง่ายกว่าการใช้น้ำมันหล่อลื่นเพียงอย่างเดียวจึงทำให้โมเลกุลของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาวเกิดการแตกตัวเป็นไฮโดรคาร์บอนขนาดกลางและไฮโดรคาร์บอนที่มีขนาดเล็กลงได้



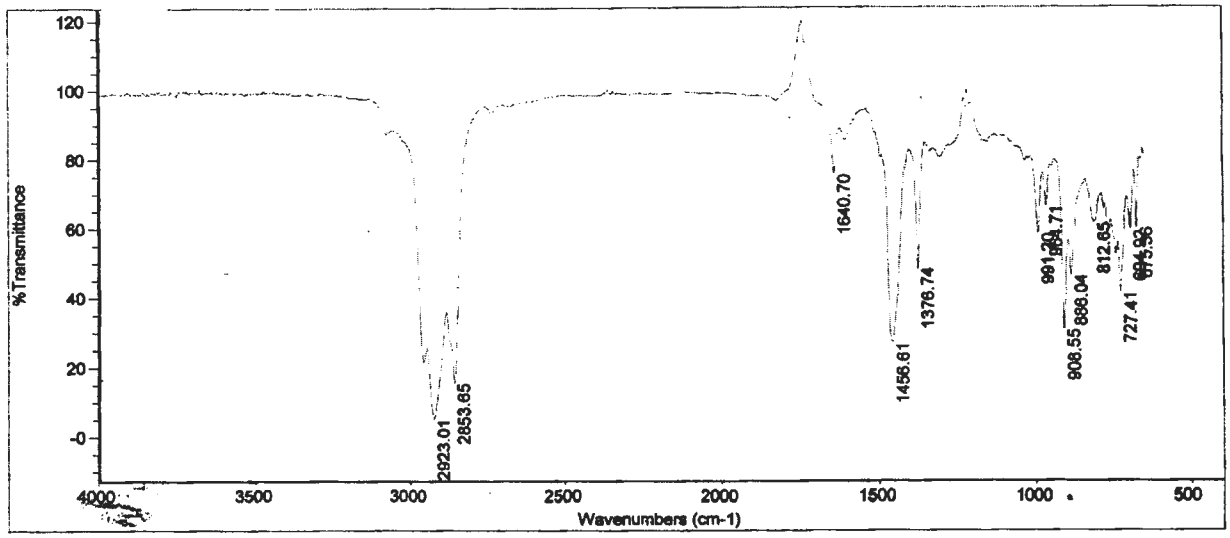
รูปที่ 4.30 อิทธิพลของปริมาณพลาสติกผสมพอลิพรอพิลีนกับพอลิสไตรีน 70 : 30 ที่มีต่ออัตราส่วนระหว่างร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจากกากน้ำมันไปเป็นน้ำมันเบาที่ได้กับปริมาณกากน้ำมันที่เหลือที่ร้อยละ 1.00, 2.50, 4.00 และ10.00 โดยน้ำหนัก ตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 0.75 โดยน้ำหนัก อัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจน 5 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 2.01 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส

4.3 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากการทดลอง

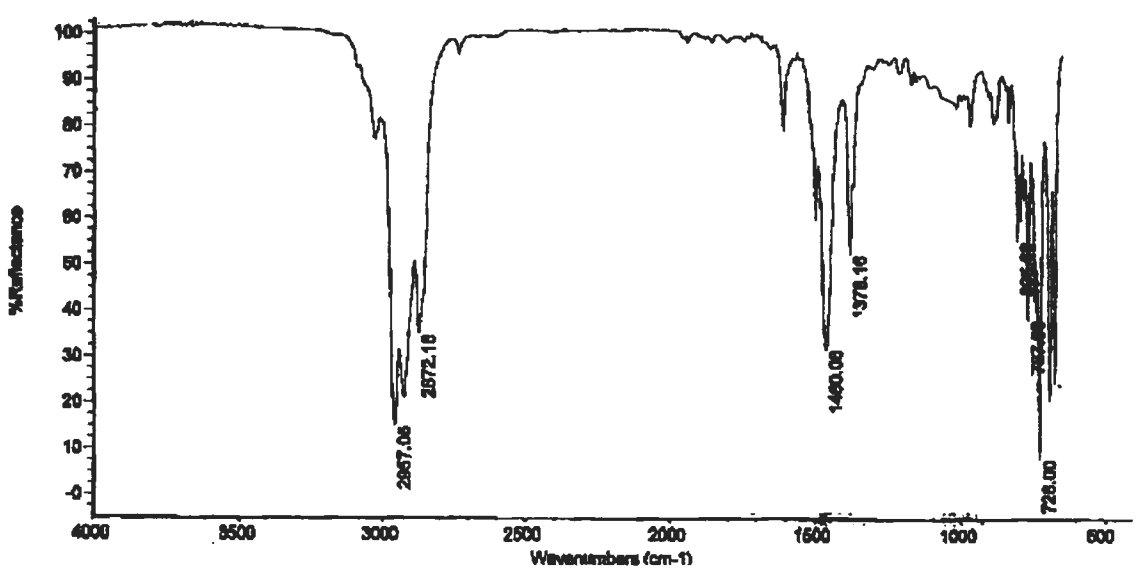
การแตกตัวของพอลิพรอพิลีน พอลิสไตรีนและน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์ในเครื่องปฏิกรณ์แบบท่ออย่างต่อเนื่อง ทำการทดลองหาภาวะที่เหมาะสมแล้วนำผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้มาวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน ซึ่งจากการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FT-IR) พบว่ามีหมู่ฟังก์ชันหลักที่เป็นสายโซ่แอโรแมติก (Long chain aromatic) เป็นองค์ประกอบหลักจำนวนมาก โดยเมื่อทำการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของผลิตภัณฑ์น้ำมันของสภาวะที่ใช้พอลิพรอพิลีน พอลิสไตรีนและน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว ภายใต้การทดลองที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส อัตราการไหลขาเข้าของสารตั้งต้น 2.01 กรัมต่อนาที อัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจน 5 มิลลิลิตรต่อนาที ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก บนถ่านกัมมันต์จำนวนร้อยละ 0.75 โดยน้ำหนัก ปริมาณของพลาสติกผสมพอลิพรอพิลีน และพอลิสไตรีนอัตราส่วน 70 : 30 เป็นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันที่เกิดขึ้นมีหมู่ฟังก์ชันเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจำพวกแอลิฟาติก (Aliphatic

compound) ที่มีโครงสร้างเป็นวงที่มีคาร์บอน 5 – 6 โมเลกุล และแสดงความเป็นแอโรแมติก (Aromatic compound) แสดงดังรูป 4.31 เส้นกราฟที่เห็นได้ชัดเจนที่ 1640 cm^{-1} ซึ่งแสดงเป็นพันธะคู่ของ C=C เส้นกราฟที่ 1456 cm^{-1} แสดงเป็นหมู่ฟังก์ชันของหมู่เมทิล (methyl group) ส่วนเส้นกราฟที่เห็นชัดเจนที่ 700 cm^{-1} แสดงถึง วงแหวนเบนซีน ส่วนที่ 3000 cm^{-1} แสดงถึง C=H ในแอโรแมติกด้วย แสดงว่าพอลิพรอพิลีน พอลิสไตรีนและน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการแตกตัวเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลเล็ก ซึ่งการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์มีส่วนช่วยให้โมเลกุลไฮโดรคาร์บอนเหล่านั้นมีขนาดเล็กลงดังจะพบว่ามีหมู่ฟังก์ชันเป็นหมู่เมทิล (methyl group) แทนที่อยู่บนวงแหวนไฮโดรคาร์บอนด้วยส่วนความเป็นแอโรแมติกเกิดขึ้นเนื่องมาจากการแตกตัวโดยใช้ไฮโดรเจนร่วมทำให้ได้สารประกอบแอโรแมติก

เมื่อนำน้ำมันเบนซิน ออกเทน 95 มาทำการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectrophotometer พบว่ามีหมู่ฟังก์ชันหลักที่เป็นสายโซ่แอโรแมติก (Long chain aromatic) เป็นองค์ประกอบหลักจำนวนมากจำพวกอะลิฟาติกที่มีโครงสร้างเป็นวงที่มีคาร์บอน 5 – 6 โมเลกุล และแสดงมีความเป็นแอโรแมติก (Aromatic compound) เนื่องจากพบเส้นกราฟชัดเจนที่ประมาณ 700 cm^{-1} ดังรูป 4.32 ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากการแตกตัวของพอลิพรอพิลีน พอลิสไตรีนและน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์ พบว่ามีหมู่ฟังก์ชันที่คล้ายคลึงกันแสดงว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากการแตกตัวนั้นมีแนวโน้มสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงได้



รูปที่ 4.31 FT-IR spectrum จากผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากการแตกตัวของพอลิพรอพิลีน พอลิสไตรีนและน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส อัตราการไหลขาเข้าของสารตั้งต้น 2.01 กรัมต่อนาที อัตราการไหลขาเข้าของแก๊สไฮโดรเจน 5 มิลลิลิตรต่อนาที ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กร้อยละ 5 โดยน้ำหนักบนถ่านกัมมันต์ร้อยละ 0.75 โดยน้ำหนัก ปริมาณของพลาสติกผสมพอลิพรอพิลีน และพอลิสไตรีนอัตราส่วน 70 : 30 ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.32 FT-IR spectrum จากผลิตภัณฑ์น้ำมันเบนซินออกเทน 95 [48]

4.4 เปรียบเทียบงานวิจัยที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

ประชารัตน์ (2547) ศึกษากระบวนการแตกตัวของพอลิพรอพิลีน พอลิสไตรีนและน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์ น้ำหนักรวม 15 กรัม ในเครื่องปฏิกรณ์ขนาดเล็กขนาด 70 มิลลิลิตร พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการเกิดกระบวนการแตกตัว คือ อัตราส่วนระหว่างพอลิพรอพิลีนต่อพอลิสไตรีน 70 : 30 อัตราส่วนน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วต่อพลาสติก 60 : 40 โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กร้อยละ 5 บนถ่านกัมมันต์ จำนวน 0.80 กรัม อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง 430 องศาเซลเซียส ความดันแก๊สไฮโดรเจน 1 บาร์ และใช้เวลาในการทดลอง 75 นาที

ส่วนงานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการแตกตัวของพอลิพรอพิลีน พอลิสไตรีนและน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์ พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการเกิดกระบวนการแตกตัว คือ น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วต่อพลาสติกผสมระหว่างพอลิพรอพิลีนและพอลิสไตรีน 70 : 30 จำนวนร้อยละ 10 โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กร้อยละ 5 บนถ่านกัมมันต์ จำนวนร้อยละ 0.75 โดยน้ำหนัก อัตราการไหลเข้าของแก๊สไฮโดรเจน 5 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 2.01 กรัมต่อนาที อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง 430 องศาเซลเซียส

จากผลการวิจัยและงานวิจัยที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน สามารถเปรียบเทียบภาวะที่ใช้ในการทดลองและผลการทดลองในตาราง 4.4 พบว่าผลการทดลองที่ได้มีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยที่การทดลองของประชารัตน์ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สโซลีน และเคโรซีนมากกว่า เนื่องจากเป็นการทดลองในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะซึ่งเป็นระบบปิด และสามารถควบคุมสภาวะการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าในเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง อีกทั้งการทดลองในเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องนี้ยังไม่สามารถใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา หรือ พลาสติกในปริมาณมากได้ เนื่องมีข้อจำกัดของเครื่องปฏิกรณ์เข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งต้องมีการพัฒนาเพิ่มเติมต่อไป

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบงานวิจัยที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

ตัวแปรที่ศึกษา	ประชารัตน์ [2547]	งานวิจัยนี้
สารตั้งต้น	พอลิพรอพิลีน พอลิสไตรีน และน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว	พอลิพรอพิลีน พอลิสไตรีน และน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว
ลักษณะของเครื่องปฏิกรณ์	แบบกะ	แบบต่อเนื่อง
อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง	430 องศาเซลเซียส	430 องศาเซลเซียส
อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น (กรัมต่อนาที)	-	2.01
ตัวเร่งปฏิกิริยา	เหล็กร้อยละ 5 บนถ่านกัมมันต์	เหล็กร้อยละ 5 บนถ่านกัมมันต์
ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา	0.8 กรัม	ร้อยละ 0.75
อัตราส่วนของน้ำมันหล่อลื่นต่อพลาสติก	60 : 40	90 : 10
แก๊สไฮโดรเจน	ความดันแก๊สเริ่มต้น1 บาร์	อัตราการไหล 5 มิลลิลิตรต่อนาที
เวลาที่ใช้ในการทดลอง	75 นาที	-
ร้อยละองค์ประกอบผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ)		
- แก๊สโซลีน	46.34	20.51
- เคโรซีน	10.02	4.20
- แก๊สออยล์เบา	11.98	11.60
- แก๊สออยล์หนัก	2.76	2.95
- กากน้ำมัน	4.55	23.46
- ของแข็งและแก๊ส	37.71	37.28