

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษากระบวนการผลิตเชื้อเพลิงสะอาดจากยางรถยนต์ใช้แล้ว โดยวิธีดำเนินการสองขั้นได้แก่ ไฮโดรดีซัลเฟอไรเซชันและไพโรไลซิส ในช่วงอุณหภูมิ 200 – 550 องศาเซลเซียส เวลาทำปฏิกิริยา 10 – 60 นาที อัตราการไหลแก๊ส 0.1 – 2.0 ลิตรต่อนาที ภายใต้บรรยากาศของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สไนโตรเจน และแก๊สผสม คาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจน อัตราส่วน 1 ต่อ 1 และใช้ ไอร์รอน (III) ซัลไฟด์บนถ่านกัมมันต์ นิกเกิลโมลิบดีนัมบนถ่านกัมมันต์ และ โคโลไมต์บนถ่านกัมมันต์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

##### 5.1.1 กระบวนการไพโรไลซิสยางรถยนต์

1. จากการศึกษามูลของปัจจัยต่างๆ ในการทดลองเชิงแฟกทอเรียลของไพโรไลซิส มีเพียงอุณหภูมิเท่านั้นที่มีผลต่อร้อยละผลได้ของเหลวและร้อยละผลได้ของแก๊สอย่างมีนัยสำคัญ โดยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นส่งผลให้ร้อยละผลได้ของเหลวลดลงและร้อยละผลได้ของแก๊สเพิ่มขึ้น และการเพิ่มอุณหภูมิมีผลทำให้ร้อยละได้ของเนฟทาและเคโรซีนเพิ่มขึ้น และร้อยละผลได้ของกากน้ำมันหนักลดลง
2. เมื่ออัตราการไหลแก๊สลดลงส่งผลให้ร้อยละผลได้ของเหลวและ ร้อยละผลได้ของเนฟทาเพิ่มขึ้น ร้อยละผลได้ของแก๊สและร้อยละได้ของกากน้ำมันหนักลดลง
3. ไพโรไลซิสยางรถยนต์ภายใต้บรรยากาศของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ให้ร้อยละผลได้ของเหลวและเนฟทามากกว่าภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจนเล็กน้อย
4. ภาวะที่เหมาะสมสำหรับร้อยละผลได้ของเหลวสูงสุด คือ อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส อัตราการไหลแก๊สไนโตรเจนเป็น 0.5 ลิตรต่อนาที เวลา 10 นาที และร้อยละผลได้เนฟทา คือ อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส อัตราการไหลแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็น 0.1 ลิตรต่อนาที เวลา 10 นาที

### 5.1.2 การผลิตเชื้อเพลิงสะอาดจากยางรถยนต์ใช้แล้วโดยวิธีดำเนินการสองชั้น ได้แก่ ไฮโดรดิซัลเฟอโรเซชันและไพโรไลซิส

1. การศึกษาผลของปัจจัยต่างๆ การทดลองเชิงแพททอเรียลของไฮโดรดิซัลเฟอโรเซชัน ปัจจัยทั้งหมดในการทดลองได้แก่ อุณหภูมิ เวลา และอัตราการไหลไฮโดรเจน มีผลต่อร้อยละการขจัดกำมะถัน โดยได้ภาวะที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที อัตราการไหลแก๊สไฮโดรเจนเป็น 0.1 ลิตรต่อนาที

2. การทดลองไฮโดรดิซัลเฟอโรเซชันและตามด้วยไพโรไลซิสยางรถยนต์ ทำให้ร้อยละผลได้ของเหลวเพิ่มขึ้น ร้อยละผลได้ของแก๊สลดลง และสามารถลดปริมาณกำมะถันในผลิตภัณฑ์เชิงได้ โดยภาวะที่เหมาะสมสำหรับร้อยละผลได้ของเหลวสูงสุดคือ ไฮโดรดิซัลเฟอโรเซชันที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส อัตราการไหลแก๊สไฮโดรเจน 0.1 ลิตรต่อนาที เวลา 60 นาที และต่อเนื่องด้วยไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส อัตราการไหลแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 1 ลิตรต่อนาที เวลา 10 นาที

3. การทดลองไฮโดรไพโรไลซิสยางรถยนต์ สามารถลดปริมาณกำมะถันในผลิตภัณฑ์เชิงได้ โดยในบรรยากาศของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ผสมแก๊สไฮโดรเจน และบรรยากาศของแก๊สไนโตรเจนผสมแก๊สไฮโดรเจน ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณกำมะถันในผลิตภัณฑ์เชิง

4. สำหรับการแจกแจงกำมะถันในผลิตภัณฑ์กำมะถันอยู่ในผลิตภัณฑ์เชิงมากที่สุด

### 5.1.3 กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงสะอาดจากยางรถยนต์ใช้แล้วโดยวิธีดำเนินการสองชั้น ได้แก่ ไฮโดรดิซัลเฟอโรเซชันและไพโรไลซิสโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

1. การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทั้ง 3 ชนิด คือ ไอร์ออน (III) ซัลไฟด์บนถ่านกัมมันต์ นิกเกิล-โมลิบดีนัมบนถ่านกัมมันต์ และ โคโลไมต์บนถ่านกัมมันต์ ทำให้ร้อยละผลได้ของเหลวและเนฟทาเพิ่มขึ้น โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่สามารถเพิ่มร้อยละผลได้ของเหลวและ เนฟทาได้มากที่สุด ได้แก่ ตัวเร่งปฏิกิริยาไอร์ออน (III) ซัลไฟด์บนถ่านกัมมันต์

2. ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลโมลิบดีนัมบนถ่านกัมมันต์ สามารถขจัดกำมะถันออกจากผลิตภัณฑ์เหลวได้ ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการขจัดกำมะถันออกจากผลิตภัณฑ์เหลวคือ ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส อัตราการไหลแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 1.0 ลิตรต่อนาที แก๊สไฮโดรเจน 0.1 ลิตรต่อนาที เวลา 60 นาที

#### 5.1.4 การขจัดกำมะถันจากผลิตภัณฑ์น้ำมันเบาและส่วนกลั่นของน้ำมันเบา

1. ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลโมลิบดีนัมทางการค้า ให้ร้อยละการขจัดกำมะถันจากน้ำมันเบา ในกระบวนการไฮโดรดีซัลเฟอไรเซชันร่วมกับไพโรไลซิสสูงสุด
2. กระบวนการไฮโดรดีซัลเฟอไรเซชันโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลโมลิบดีนัมทางการค้าที่ ให้ร้อยละการขจัดกำมะถันที่สูงกว่าตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลโมลิบดีนัมบนถ่านกัมมันต์
3. การขจัดกำมะถันด้วยวิธีดูดซับโดยใช้ ซีโอไลต์ชนิด NaY สามารถลดปริมาณกำมะถัน ได้เพียงเล็กน้อย

#### 5.1.5 สมบัติอื่นของผลิตภัณฑ์

1. จากการแจกแจงของน้ำมันไพโรไลซิสมีสมบัติอยู่ระหว่าง น้ำมันแก๊สโซลีน และน้ำมัน ดีเซล ซึ่งองค์ประกอบหลักเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่มีลักษณะเป็นวงแหวนที่ไม่อิ่มตัว และ อนุพันธ์ของเบนซีน และมีค่าความร้อนของผลิตภัณฑ์เหลวใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล
2. องค์ประกอบแบบประมาณและค่าความร้อนของผลิตภัณฑ์แข็งมีค่าค่อนข้างคงที่ใน ทุกการทดลอง
3. องค์ประกอบหลักของแก๊สผลิตภัณฑ์ ได้แก่ แก๊สไฮโดรเจนและ แก๊สไฮโดรคาร์บอน  $C_1 - C_5$  โดยมีแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และ ไฮโดรเจนซัลไฟด์เล็กน้อย

#### 5.1.6 ศักยภาพของผลิตภัณฑ์

1. ผลิตภัณฑ์เหลวที่ได้จากการทดลองสามารถนำไปกลั่นเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงหรือใช้เป็น สารเคมีตั้งต้นในอุตสาหกรรมได้
2. ผลิตภัณฑ์แข็งที่ได้มีคักดีอยู่ในช่วงของแอนทราไซต์ (Anthracite) ซึ่งจัดเป็นเชื้อเพลิง คักดีสูงที่มีคุณภาพดี
3. ค่าความร้อนของผลิตภัณฑ์แก๊สมีค่าสูงกว่าค่าความร้อนของแก๊สธรรมชาติ

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่น เช่น ZSM-5, USY สำหรับกระบวนการไฮโดรดีซัลเฟอไรเซชันและไพโรไลซิส
2. ทำการทดลองในเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง และสร้างหอกลิ้นขนาดเล็กต่อเนื่องกับเครื่องปฏิกรณ์เพื่อให้สามารถกลั่นผลิตภัณฑ์เหลวที่ออกมาได้ทันที เพื่อศึกษาผลของการถ่ายโอนความร้อนและการประยุกต์ใช้งานได้จริง