

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การกำจัดกัมมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์



T107832



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

b.....
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Desulfurization of high speed diesel using hydrogen peroxide



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the

Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การกำจัดกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

นักศึกษา นางสาวชลธิชา จารุประทัย
นางสาวฐิติพร พันพึ้ง
นางสาวณัฐนี อินทวงศ์

ภาควิชา เคมี
สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. อำนาจ เพิ่มทรัพย์สกุล

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

	คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	ผศ.ดร.วินิจิตร ชื่นชม	
กรรมการ	ผศ.ดร.ปณณมา ศิริพันธ์ โนน	
กรรมการ	ดร. อำนาจ เพิ่มทรัพย์สกุล	

.....
(ผศ.ดร.ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชาเคมี

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การกำจัดกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	
นักศึกษา	นางสาวชลธิชา	จารุประทัย
	นางสาวฐิติพร	พันธ์ิ่ง
	นางสาวณัฐินี	อินทวงศ์
ภาควิชา	เคมี	
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2549	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. อำนาจ เพิ่มทรัพย์สกุล	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกำจัดกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารออกซิแดนท์ และใช้กรดเป็นตัวทำละลาย ตัวแปรที่มีผลต่อการกำจัดกำมะถัน และค่าความร้อนที่ทำการศึกษาได้แก่ ชนิดของกรด (กรดฟอร์มิก และกรดแอซติก) ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (5 , 10 , 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร) ความเข้มข้นของสารละลายกรด (5 , 10 , 15 และ 17 โมลต่อลิตร) และเวลาของปฏิกิริยา (30 , 60 , 90 และ 120 นาที) น้ำมันดีเซลที่ผ่านการกำจัดกำมะถันแล้ว จะถูกนำไปวิเคราะห์ ปริมาณกำมะถัน และค่าความร้อน รวมถึงพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

จากผลการทดลองพบว่ากำมะถันในน้ำมันดีเซลจะถูกออกซิไดซ์เป็นซัลโฟน และซัลฟอกไซด์ โดยกรดฟอร์มิกจะให้ร้อยละการกำจัดกำมะถัน สูงกว่าการใช้กรดแอซติก และสภาวะที่เหมาะสมสำหรับกำจัดกำมะถัน คือ ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 30% โดยปริมาตร และใช้กรดฟอร์มิกเข้มข้น 10 โมลต่อลิตร ที่เวลาของปฏิกิริยา 60 นาที โดยสามารถลดปริมาณกำมะถันได้ถึง 48.91% ขณะที่ค่าความร้อนจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณกำมะถันที่ถูกกำจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special project title	Desulfurization of high speed diesel using hydrogen peroxide
Name	Miss Cholticha Jaruprathai Miss Thitiporn Panpeung Miss Nuttinee Intawong
Department	Chemistry
Program	Chemical Industry
Academic	2006
Special project advisor	Dr.Amnat Permsubskul

Abstract

The aim of this work was to study the desulfurization of high speed diesel by oxidation reaction using hydrogen peroxide as oxidizing agent and acid solution as solvent. The operating variables used were type of acid (formic acid and acetic acid) , concentration of hydrogen peroxide (5 , 10 , 20 and 30%vol) , concentration of acid solution (5 , 10 , 15 and 17mol/dm³) and reaction time (30 , 60 , 90 and 120 minutes). The diesel oil was analyzed to find its sulfur content and heating value after desulfurization reaction. The characterization of functional group of diesel oils was carried out by Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) technique.

The experimental results showed that the sulfur compounds were oxidized to sulfone and sulfoxide. Formic acid gave higher percent of sulfur removal than acetic acid. The optimal condition for sulfur removal was found to be 30%vol hydrogen peroxide using 10 mol/dm³ formic acid as solvent for 60 minutes. The total sulfur was reduced by 48.91% while the heating value of diesel oil increased with the increasing of percent sulfur removal.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชาโครงการพิเศษ ในหัวข้อเรื่องการจัด
กัมมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โครงการพิเศษนี้ไม่สามารถสำเร็จ
ลุ่่วงไปได้ด้วยดีหากไม่ได้รับการช่วยเหลือจากบุคคลดังต่อไปนี้

ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ดร.อำนาจ เพิ่มทรัพย์สกุล ที่ให้ความรู้ คำแนะนำต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
กับการทดลอง ตอบข้อซักถาม และช่วยปรับปรุงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในการทำการทดลองจน
กระทั่งโครงการพิเศษนี้สำเร็จลุ่่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการผศ.ดร.วันฉัตร ชื่นชม และ ผศ.ดร.ปทุมมา ศิริพันธ์โนน
ที่ให้คำแนะนำต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง และข้อเสนอแนะ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ ในการเบิกเครื่องมือ
อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง รวมทั้งอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณ บริษัท พีโตรเลียมแห่งประเทศไทย จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์
และอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ

ขอขอบพระคุณแม่บ้าน และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่คอยอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับเรื่องการ
เปิดและปิดห้องปฏิบัติการในวันที่มีการทำการทดลอง

ขอขอบใจเพื่อนๆ ที่คอยช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และช่วยกันคิดแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น
ระหว่างทำการทดลอง ทำให้การทำโครงการพิเศษนี้เป็นไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาของผู้จัดทำที่เป็นกำลังใจ และสนับสนุนกำลังใจใน
การทำโครงการพิเศษครั้งนี้

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่มีความสนใจใน
งานที่เกี่ยวข้องทางด้านนี้ หรือผู้ที่ต้องการศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับโครงการพิเศษนี้ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ชลธิชา จารุประทัย

ฐิติพร พันพั่ง

ณัฐินี อินทวงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....	5
2.1 น้ำมันดีเซล.....	5
2.1.1 สมบัติที่สำคัญของน้ำมันดีเซล.....	6
2.1.2 น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว.....	7
2.2 กระบวนการกลั่นปิโตรเลียม.....	8
2.3 กำมะถัน.....	11
2.4 กระบวนการกำจัดกำมะถัน.....	13
2.5 กระบวนการออกซิเดชัน.....	14
2.6 ปฏิริยาออกซิเดชันของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....	19
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
บทที่ 3 การทดลอง.....	24
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	24
3.2 สารเคมี.....	24
3.3 วิธีการทดลอง.....	25
3.3.1 การเตรียมสารเคมี.....	25
3.3.2 การกำจัดกำมะถันจากน้ำมันดีเซลด้วยปฏิริยาออกซิเดชัน.....	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว	29
3.4 ปัจจัยที่ทำการศึกษา	31
3.4.1 ผลของชนิดสารละลายกรดที่เป็นตัวทำละลาย	31
3.4.2 ผลของความเข้มข้นสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	31
3.4.3 ผลของความเข้มข้นสารละลายกรดที่เป็นตัวทำละลาย	32
3.4.4 ผลของเวลาที่มีต่อปฏิกิริยา	32
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	33
4.1 ผลของตัวแปรที่มีต่อการกำจัดกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว	33
4.1.1 ผลของความเข้มข้นสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	34
4.1.2 ผลของความเข้มข้นสารละลายกรดที่เป็นตัวทำละลาย	38
4.1.3 ผลของเวลาที่มีต่อปฏิกิริยา	42
4.1.4 ผลของชนิดกรดที่มีต่อปฏิกิริยา	46
4.2 การตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว	48
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	51
5.1 สรุปผลการทดลอง	51
5.1.1 ผลของตัวแปรที่มีต่อการกำจัดกำมะถันในน้ำมันดีเซล และค่าความร้อน	51
5.1.2 การตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของน้ำมันดีเซลก่อน และหลังกระบวนการกำจัดกำมะถัน	52
5.2 ข้อเสนอแนะ	53
เอกสารอ้างอิง	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1	สารประกอบที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบที่พบในปิโตรเลียม..... 2
ตารางที่ 3.1	สมบัติและเครื่องมือที่ใช้ทำการทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน..... 29
ตารางที่ 3.2	สภาวะการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้น H_2O_2 31
ตารางที่ 3.3	สภาวะการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นสารละลายกรดที่เป็นตัวทำละลาย..... 32
ตารางที่ 3.4	สภาวะการทดลองเพื่อศึกษาผลของเวลาที่มีต่อปฏิกิริยา..... 32
ตารางที่ 4.1	ปริมาณกำมะถันในน้ำมันและปริมาณความร้อนของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน..... 33
ตารางที่ 4.2	ปริมาณกำมะถันในน้ำมันและค่าความร้อนโดยศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้น H_2O_2 และใช้กรดฟอร์มิคเป็นตัวทำละลาย..... 34
ตารางที่ 4.3	ปริมาณกำมะถันในน้ำมันและค่าความร้อน โดยศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้น H_2O_2 และใช้สารละลายกรดแอสติกเป็นตัวทำละลาย..... 35
ตารางที่ 4.4	ปริมาณกำมะถันในน้ำมันและค่าความร้อน โดยศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายกรดฟอร์มิค..... 38
ตารางที่ 4.5	ปริมาณกำมะถันในน้ำมันและค่าความร้อน โดยศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายกรดแอสติก..... 39
ตารางที่ 4.6	ปริมาณกำมะถันในน้ำมันและค่าความร้อน โดยศึกษาอิทธิพลของเวลาและใช้สารละลายกรดฟอร์มิคเป็นตัวทำละลาย..... 42
ตารางที่ 4.7	ปริมาณกำมะถันในน้ำมันและค่าความร้อน โดยศึกษาอิทธิพลของเวลาและใช้สารละลายกรดแอสติกเป็นตัวทำละลาย..... 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ส่วนกลั่นของน้ำมันดีเซลและผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมอื่นๆ.....	7
รูปที่ 3.1 แสดงการตั้งอุปกรณ์ชุดทดลอง.....	27
รูปที่ 3.2 แผนภาพขั้นตอนการทดลองการกำจัดกำมะถันจากน้ำมันดีเซลด้วย ปฏิกิริยาออกซิเดชัน	30
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของความเข้มข้น H_2O_2 โดยใช้สารละลายกรด เป็นตัวทำละลาย กับปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว.....	35
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของความเข้มข้น H_2O_2 โดยใช้สารละลายกรด เป็นตัวทำละลายกับเปอร์เซ็นต์กำมะถัน ในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ถูกกำจัด.....	36
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของความเข้มข้น H_2O_2 โดยใช้สารละลายกรด เป็นตัวทำละลายกับ ค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว.....	37
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของความเข้มข้นสารละลายกรดที่เป็น ตัวทำละลายกับปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว.....	39
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของความเข้มข้นสารละลายกรดที่เป็น ตัวทำละลายกับเปอร์เซ็นต์กำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ถูกกำจัด.....	40
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของความเข้มข้นสารละลายกรดที่เป็น ตัวทำละลายกับค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว.....	41
รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของเวลากับปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว.....	43
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของเวลากับเปอร์เซ็นต์กำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว ที่ถูกกำจัด	44
รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของเวลากับค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว.....	45
รูปที่ 4.10 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบความสามารถในการกำจัดกำมะถันเมื่อใช้ ตัวทำละลายกรดฟอร์มิกและกรดแอซติก.....	46
รูปที่ 4.11 กราฟ FTIR ของน้ำมันดีเซลก่อนผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน.....	48
รูปที่ 4.12 กราฟ FTIR ของน้ำมันดีเซลที่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน โดย ใช้สารละลายกรดฟอร์มิกเป็นตัวทำละลาย.....	49
รูปที่ 4.13 กราฟ FTIR ของน้ำมันดีเซลที่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน โดย ใช้สารละลายกรดแอซติกเป็นตัวทำละลาย.....	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รูปที่ 4.14 สีของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ยังไม่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน
 น้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน โดยใช้กรดแอซติก
 เป็นตัวทำละลาย และน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน
 โดยใช้กรดฟอรั่มิกเป็นตัวทำละลาย 50



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ [1] , [2]


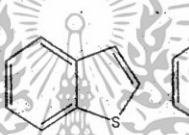

น้ำมันเชื้อเพลิงใช้เป็นพลังงานในเครื่องยนต์ชนิดต่างๆ จึงถือเป็นสิ่งสำคัญในชีวิตประจำวัน นอกจากจะมีคุณสมบัติมากมายแล้ว แต่ก็สามารถสร้างปัญหาให้กับมนุษย์ได้ด้วยเช่นกัน โดยปัญหาที่เกิดจากการใช้น้ำมันนั้นมีอยู่มากมาย แต่มีปัญหานี้ซึ่งเป็นที่น่าสนใจมากในปัจจุบันนี้ คือปัญหาการเกิดฝนกรดซึ่งเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อทั้งระบบนิเวศและสุขภาพของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เมื่อฝนที่ตกลงมามีสภาพเป็นกรด ทำให้สามารถกัดกร่อนสิ่งก่อสร้าง รวมทั้งทำให้ต้นไม้และพืชพันธุ์ต่างๆ ล้มตายเป็นบริเวณกว้าง น้ำฝนที่ซึมลงสู่ดินหรือไหลบนผิว ดิน จะทำให้ทั้งดินและแหล่งน้ำมีสภาพเป็นกรด มีผลกระทบต่อพืชและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น จนเกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศทั้งบนบกและในน้ำ

สารมลพิษหลักที่ทำให้เกิดภาวะฝนกรดคือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบอยู่ โดยเฉพาะการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงของรถยนต์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เมื่อฟุ้งกระจายไปในบรรยากาศ มักจะเปลี่ยนรูปเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ เมื่อรวมกับไอน้ำในบรรยากาศจะกลายเป็นกรดซัลฟูริก จนในที่สุดรวมกับน้ำฝนตกลงสู่พื้นดินกลายเป็นฝนกรดได้ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อชีวิตมนุษย์ น้ำที่มีสภาพเป็นกรดเมื่อถูกนำไปใช้ จะสามารถกัดกร่อนภาชนะรวมทั้งท่อทางเดินส่งน้ำ ทำให้สารโลหะหลายชนิดละลายตัวออกมาปนเปื้อนกับน้ำ สารโลหะเหล่านี้ได้แก่ ตะกั่ว (มีผลต่อสมอง โดยเฉพาะพัฒนาการของสมองเด็ก สำหรับผู้ใหญ่จะทำให้เกิดภาวะเสี่ยงต่อการเป็นโรคความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจ) แคดเมียม (มีผลในการทำลายไต) แอสเบสตอส (เป็นสาเหตุของโรคมะเร็งในปอดและโรคทางเดินหายใจอื่นๆ) อะลูมิเนียม (มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง) นอกจากนี้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยังมีผลโดยตรงต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์โดยเฉพาะกับเด็ก คนชรา หญิงมีครรภ์ ตลอดจนผู้ที่เป็็นโรคหัวใจ โรคหอบหรือโรคหลอดลมอักเสบอยู่เดิมอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบซัลเฟอร์ที่พบในปิโตรเลียม ได้แก่ thiols , sulfides , disulfides , thiophenes benzothiophenes และ dibenzothiophenes

ตารางที่ 1.1 สารประกอบที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบที่พบในปิโตรเลียม [3]

สารประกอบ	โครงสร้าง
Thiols (mercaptane)	RSH
Disulfides	RSSR'
Sulfides	RSR'
Thiophene	
Benzothiophene	
Dibenzothiophene	

ดังนั้นในขั้นตอนการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิง จึงต้องมีการกำจัดกำมะถัน (sulfur) ออกก่อน เพื่อลดปัญหาดังกล่าว แต่ทั้งนี้วิธีการที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันยังไม่สามารถกำจัดกำมะถันออกได้หมด ดังนั้นจึงได้มีการวิจัยและพัฒนา เพื่อหาวิธีและสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดกำมะถันออกให้ได้มากที่สุด

น้ำมันดีเซล (diesel fuels) คือ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นพลังงานในเครื่องยนต์ชนิดต่างๆ เช่น รถยนต์โดยสาร รถบรรทุก เรือ เรือเดินสมุทร และรถไฟ ทั้งนี้การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลนั้น เป็นการจุดระเบิดให้เกิดแรงอัดให้เป็นพลังงานในระบบสูบของเครื่องยนต์ มักจะใช้กับเครื่องยนต์ที่ต้องทำงานหนัก เป็นระยะเวลายาวนาน และต้องการกำลังที่สูงกว่าในเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซลมีการระเหยต่ำ และมีปริมาณกำมะถันอยู่มากกว่าน้ำมันเบนซิน นอกจากนี้ยังมีปริมาณการใช้ในประเทศไทยสูงกว่าน้ำมันเบนซินอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแบ่งชั้นคุณภาพน้ำมันดีเซลสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชั้นคุณภาพ คือ น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (light diesel) และน้ำมันดีเซลหมุนช้า (heavy diesel) น้ำมันดีเซลหมุนเร็วใช้สำหรับเครื่องยนต์รอบสูง ที่มีค่าการจุดระเบิด (ignition) สูง ได้แก่ น้ำมันดีเซลที่เราสามารถขับรถยนต์เข้าไปเติมได้ตามปั้มน้ำมันที่มีอยู่ทั่วไปนั่นเอง น้ำมันดีเซลหมุนช้าใช้สำหรับเครื่องยนต์รอบต่ำ ที่ต้องการมีความเร็วคงที่เป็นระยะเวลานาน เช่น เครื่องยนต์ของเรือเดินสมุทรขนาดใหญ่ที่ต้องเดินเครื่องตลอดเวลาเป็นระยะเวลานานแรมเดือน จุดด้อยของการใช้น้ำมันดีเซลหมุนช้า คือ จุดระเบิดยาก เพราะมีความหนืดสูงทำให้เครื่องยนต์ติดยาก ในการเริ่มต้นเดินเครื่องนั้น ต้องใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็วเป็นตัวนำร่อง ก่อนการใช้น้ำมันดีเซลหมุนช้าเดินเครื่องยนต์ในระยะเวลาต่อไป

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการกำจัดกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นตัวออกซิแดนท์และใช้ตัวทำละลายกรดแอซติกและกรดฟอร์มิคที่สภาวะต่างๆ ซึ่งกำมะถันในรูปซัลไฟด์ (sulfide) จะถูกออกซิไดส์เป็นกำมะถันในรูปซัลโฟน (sulfone) จากนั้นกำมะถันในรูปซัลโฟนจะถูกสกัดออกจากรูปน้ำมันดีเซลด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วต่อไป จากนั้นทำการตรวจวัดปริมาณของกำมะถันที่เหลืออยู่และเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของน้ำมันดีเซลก่อนและหลังการกำจัดกำมะถัน เพื่อที่จะนำไปสู่การแก้ไขปัญหาที่เกิดจากกำมะถันในน้ำมันดีเซลต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการกำจัดกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารออกซิแดนท์โดยมีกรดแอซติกและกรดฟอร์มิคเป็นตัวทำละลาย โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการกำจัดกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน
- 1.2.2 เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วหลังจากผ่านการกำจัดกำมะถัน
- 1.2.3 เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการกำจัดกำมะถันออกจากน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (ซึ่งได้แก่ ความเข้มข้นของสารออกซิแดนท์ ชนิดของตัวทำละลาย ความเข้มข้นของตัวทำละลาย และเวลาของปฏิกิริยา) รวมถึงหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดกำมะถันออกจากน้ำมันดีเซลหมุนเร็วด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาถึงตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อปริมาณกำมะถันที่ถูกกำจัดออกจากน้ำมันดีเซลด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน ตัวแปรเหล่านั้นได้แก่

- ชนิดของตัวทำละลาย ได้แก่ กรดแอซติก และกรดฟอร์มิก
- ความเข้มข้นของสารออกซิแดนท์ (H_2O_2) โดยแปรเปลี่ยนค่าเป็น 5 , 10 , 20 และ 30% โดยปริมาตร
- ความเข้มข้นของตัวทำละลาย โดยแปรเปลี่ยนค่าเป็น 5 , 10 , 15 และ 17 mol/l
- เวลาของปฏิกิริยา โดยแปรเปลี่ยนเป็น 30 , 60 , 90 และ 120 นาที

1.3.2 ศึกษาถึงสมบัติทางกายภาพของน้ำมันดีเซลที่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน และก่อนการกำจัดกำมะถัน โดยทำการตรวจวัดปริมาณกำมะถันในน้ำมัน และค่าความร้อน

1.3.3 ศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและการพิสูจน์เอกลักษณ์ของน้ำมันดีเซลที่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน และก่อนการกำจัดกำมะถัน โดยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถกำจัดกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วให้เหลือในปริมาณน้อยและเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด โดยที่สมบัติทางกายภาพของน้ำมันดีเซลไม่ด้อยลง

1.4.2 ทราบถึงตัวแปรต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อปริมาณกำมะถันที่ถูกกำจัดจากน้ำมันดีเซล รวมทั้งทราบถึงสถานะที่เหมาะสมในการกำจัดกำมะถันจากน้ำมันดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 น้ำมันดีเซล [1]

น้ำมันดีเซล เป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำมันดิบจากโรงกลั่น ซึ่งเป็นน้ำมันที่เรียกว่า น้ำมันใส หรือ distillate fuel ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล สำหรับในประเทศไทยใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันเตาในปริมาณมากกว่าน้ำมันชนิดอื่นๆ เพราะใช้กับเครื่องยนต์หลายประเภท ทั้งด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และการคมนาคม

การแบ่งชั้นคุณภาพน้ำมันดีเซลทั่วไป เป็นไปตามลำดับ ดังนี้

1. **Diesel No.1** มีการระเหยและจุดระเบิดปกติ (C8-C19) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลอื่นๆ มักใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลความเร็วสูง โดยมีค่าความแตกต่างของความเร็ว และน้ำหนักบรรทุก ตัวอย่างในสหรัฐอเมริกา คือ สูตรมาตรฐานของ ดีทรอยต์ดีเซลซีรีส์ 71 ของเครื่องยนต์ที่ใช้ในรถโดยสารประจำทางที่วิ่งในชุมชนเมือง (detroit diesel series 71 engines)

2. **Diesel No.2** มีการระเหยและจุดระเบิดต่ำกว่า No.1 และมีค่าองค์ประกอบปิโตรเลียมที่สูงกว่า (C9-C21) No.1 ใช้ในเครื่องยนต์ที่ต้องรับน้ำหนักบรรทุกสูง และมีความเร็วสม่ำเสมอคงที่ เช่น รถยนต์ทั่วไป และรถบรรทุก

3. **Diesel No.4** มีความหนืดสูงที่สุด และมีการระเหยและจุดระเบิดต่ำที่สุด เป็นส่วนผสมของไอ น้ำมันดีเซลหมุนช้ากับกาน้ำมันเตา (C25+) ใช้ในเครื่องยนต์ที่มีความเร็ว ต่ำ-ปานกลาง ที่มีน้ำหนักบรรทุกและความเร็วที่แน่นอนและคงที่ ส่วนใหญ่ใช้ในการเดินเครื่องปั่นไฟขนาดใหญ่เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า รถไฟ เรือ และเรือเดินสมุทร

น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ที่มีจำหน่ายในปัจจุบันแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

1. น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (high speed diesel oil, HSD หรือ automotive diesel oil, ADO) ในตลาดเรียกกันว่า น้ำมันโซล่าในเรือเดินสมุทรมีชื่อว่า มารินแก๊สออยล์ (marine gas oil) เป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบมี ช่วงจุดเดือดประมาณ 180 - 370 °C เรียกว่า distillate fuel ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล ของยานยนต์และเครื่องจักรกลทุกชนิดที่มีรอบหมุนเร็วเกิน 1,000 รอบต่อนาทีเช่น รถเก๋ง รถปิคอัพ รถโดยสาร รถบรรทุก รถแทรกเตอร์ งานก่อสร้าง และการเกษตร รถฟอร์คลิฟ รถเครน เรือหางยาว เรือประมง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. น้ำมันดีเซลหมุนช้า (low speed diesel, LSD) ในเรือเดินสมุทรที่มีชื่อว่า มารินดีเซลออยล์ (marin diesel oil, MDO) เป็นน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (distillate fuel) และน้ำมันเตา (fuel oil, HFO) ในอัตราส่วนที่มีสมบัติตรงตามข้อกำหนดของกระทรวงพาณิชย์ใช้ได้กับเครื่องยนต์ดีเซล ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่กับที่ทั้งในโรงงานอุตสาหกรรมและในเรือเดินสมุทร ซึ่งมีรอบการทำงานต่ำประมาณ 500 - 1,000 รอบต่อนาที

2.1.1 สมบัติที่สำคัญของน้ำมันดีเซล [4]

1. เลขซีเทน (cetane number) หรือ ดัชนีซีเทน (cetane index)

เป็นการวัดคุณภาพในการจุดระเบิดของน้ำมัน น้ำมันดีเซลที่จุดระเบิดเร็วหรือมีระยะเวลาความล่าช้าในการจุดระเบิดสั้น จะมีเลขซีเทนที่สูงซึ่งจะช่วยให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดได้ง่ายในอุณหภูมิกอากาศที่ต่ำ เครื่องยนต์ warm up ได้เร็วขึ้น โดยไม่เกิด misfiring หรือการเกิดคว้นขาว ช่วยลดอัตราการเกิดยางเหนียว และคราบเขม่าที่เครื่องยนต์ และช่วยลดปัญหาการสะดุดในเครื่องยนต์ แต่อย่างไรก็ตามถ้าน้ำมันดีเซลมีค่าเลขซีเทนสูงเกินไป อาจทำให้การเผาไหม้เกิดไม่สมบูรณ์ และเกิดคว้นที่ท่อไอเสียด้วย น้ำมันดีเซลในตลาดจะมีเลขซีเทนประมาณ 50-55 ส่วนน้ำมันที่จุดระเบิดได้ช้าจะมีระยะเวลาความล่าช้าในการจุดระเบิดยาว ก็จะมีเลขซีเทนต่ำ ทำให้เกิดการสะดุดในเครื่องยนต์ได้ง่าย

2. ความหนืดหรือความข้นใส (viscosity)

ปั๊มหัวฉีดของน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล จะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อน้ำมันมีความหนืดที่ถูกต้องพอเหมาะ ไม่ใสเกินไป ซึ่งจะทำให้การหล่อลื่นไม่ดีต่อชิ้นส่วนภายใน ปั๊มหัวฉีดเกิดการสึกกร่อนมาก หรือไม่เข้มข้นเกินไป ซึ่งจะทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เชื้อเพลิงเสียกำลังและสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก

3. ค่าความถ่วงจำเพาะ (API gravity)

เป็นการวัดความหนักเบาของน้ำมัน ถ้า API gravity ยิ่งต่ำก็ยิ่งประหยัดเชื้อเพลิงได้มากขึ้น แต่ไม่สามารถลดค่านี้ให้ต่ำได้มาก เพราะจะทำให้เลขซีเทนลดตามด้วย

4. อัตราการระเหย (volatility)

ส่วนที่ระเหยได้เร็ว จะช่วยให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดได้ง่ายและเดินเบาเรียบ ส่วนที่ระเหยช้าหรือส่วนที่หนัก จะช่วยให้ประหยัดเชื้อเพลิง แต่ถ้ามีส่วนนี้มากเกินไป ก็อาจจะเกิดอันตรายจากการเกิดคว้นที่ท่อไอเสีย และเกิดคราบเขม่าในเครื่องยนต์มากได้

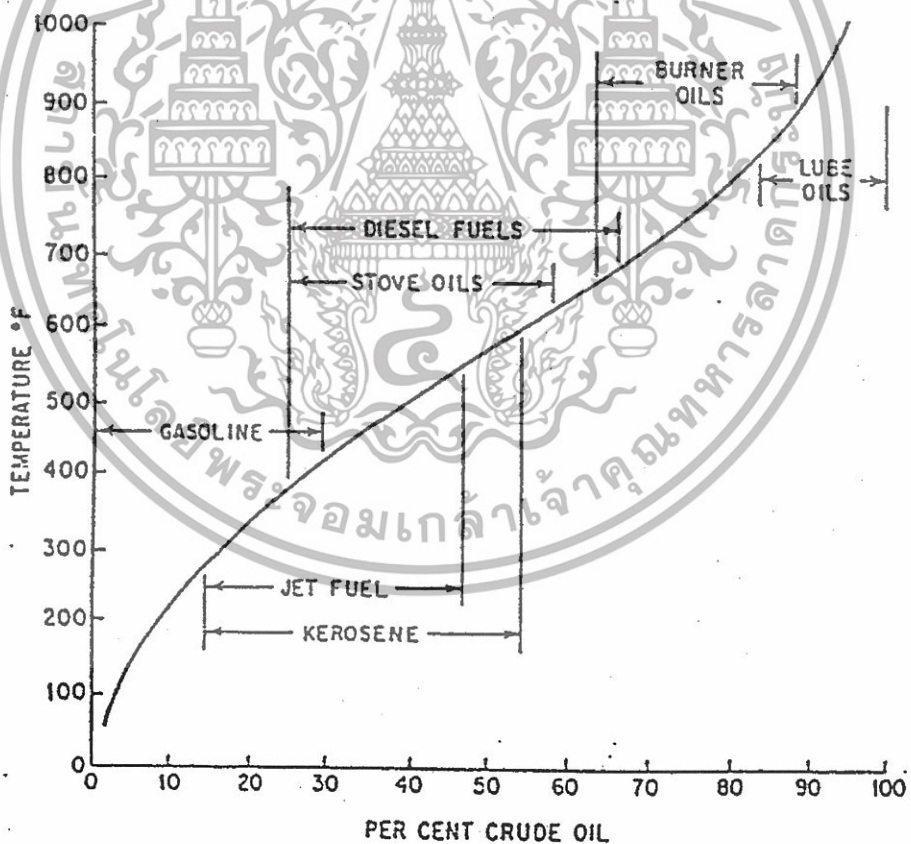
5. กากคาร์บอน (carbon residue)

คือ ปริมาณของสารที่เหลือตกค้างอยู่หลังจากน้ำมันได้ระเหยออกไปหมดแล้วในอุณหภูมิสูงๆ ถ้าน้ำมันมีค่ากากคาร์บอนสูงเกินไป ก็เป็นไปได้ที่จะเกิดคราบเขม่าสะสมในห้องเผาไหม้ได้มาก และก๊าซเสียมีควันมากด้วย

2.1.2 น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (high speed diesel) [5]

จากการศึกษาได้ระบุช่วงของน้ำมันดีเซลในกราฟการกลั่นจาก 25 ถึง 65% ของ crude-oil barrel ซึ่งอยู่ภายในช่วงอุณหภูมิ 375 ถึง 725 °F (150 และ 440°C) สมบัติอื่นๆ ถูกประเมินและกำหนดลักษณะเฉพาะซึ่งมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของน้ำมันเชื้อเพลิงในการนำไปใช้งาน

ในน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลสามารถจำแนกสมบัติได้หลายประเภท ซึ่งมีการพิจารณาตามหลักของ American Society for Testing and Material (ASTM) เป็นค่า cetane ความหนืด กากคาร์บอน ส่วนที่เหลือ ปริมาณกำมะถัน จุดวาบไฟ จุดไหลเท ปริมาณเด้า และการกัดกร่อนของ copper



รูปที่ 2.1 ส่วนกลั่นของน้ำมันดีเซลและผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมอื่นๆ (Guthrie V.B., 1960) [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติของน้ำมันทางการค้าขึ้นกับวิธีที่ใช้ในการกลั่นและธรรมชาติของน้ำมันดิบ ซึ่งนำมาใช้ในกระบวนการ โดยน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลองนี้ทำการผลิตในช่วง 375 และ 725 °F (150 และ 440 °C) ซึ่งมีสมบัติที่หลากหลาย เช่น การระเหยเป็นไอ สมบัติการจุดระเบิด ความหนืด และสมบัติเฉพาะอื่นๆ

สมบัติที่สำคัญที่สุดซึ่งกำหนดประสิทธิภาพของน้ำมันดีเซลคือ ค่าความถ่วงจำเพาะ (API gravity) ซึ่งถึงแม้ว่าจะไม่สามารถบอกอย่างชัดเจนในการจัดประเภทตาม ASTM เพราะไม่สามารถชี้ชัดได้ว่าเชื้อเพลิงเบาซึ่งมีค่าความถ่วงจำเพาะสูง จะเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถระเหยได้มาก ตามที่กล่าวอ้างโดยข้อมูลของ ASTM ทว่าไปเชื้อเพลิงหนักจะมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำ และมีค่าความร้อนสูง ซึ่งมักจะใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับโรงไฟฟ้า

2.2 กระบวนการกลั่นปิโตรเลียม [6]

นอกจากนี้ น้ำมันดีเซลยังมีสิ่งสกปรกบางอย่าง เช่น เถ้า น้ำ และสิ่งสกปรก ซึ่งอาจทำให้เชื้อเพลิงในระบบเกิดการเสียหาย ดังนั้นจึงควรมีไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อกรองสิ่งสกปรกต่างๆ โดยกระบวนการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากโรงกลั่นน้ำมันเป็นดังต่อไปนี้

โรงกลั่นน้ำมันใช้กระบวนการกลั่นน้ำมันแบบลำดับส่วน (fractional distillation) กลั่นแยกน้ำมันดิบออกเป็นส่วนต่างๆ ตามลำดับจุดเดือดที่ต่างกัน ได้แก่ แก๊สหุงต้ม น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา โดยนำน้ำมันดิบที่ผ่านการแยกน้ำเกลือที่ปนเปื้อนแล้วเข้ากลั่นในหอกลั่นบรรยากาศ (atmospheric distillation tower) ซึ่งภายในหอมีถาดที่มีรูพรุนวางซ้อนกันเป็นชั้นๆ หลายสิบชั้นที่อุณหภูมิประมาณ 370°C โดย 60-70% ของน้ำมันดิบจะระเหยกลายเป็นไอลอยขึ้นสู่ยอดหอ ซึ่งเป็นบริเวณที่เย็น ที่เหลือเป็นของเหลวที่ก้นหอกลั่น ซึ่งเรียกว่า long residue or reduced crude หรือผลิตภัณฑ์น้ำมันเตานั้นเอง และไอน้ำมันร้อนที่ลอยขึ้นไปเมื่อเย็นลงจนถึงจุดควบแน่นก็จะกลั่นตัวเป็นของเหลวบนถาด จึงพบน้ำมันตามชั้นต่างๆ รองจากชั้นบนสุดของหอกลั่นซึ่งมีอุณหภูมิต่ำสุด และเป็นแก๊ส ได้แก่ แนฟธา (naphtha) ซึ่งจะนำไปผ่านหน่วยกำจัดกำมะถัน (sulfur removal unit) และส่งต่อไปยังหน่วยไอโซเมอไรเซชัน (isomeriation) และรีฟอร์มเมอร์ (reformer) เพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างน้ำมันเพิ่มออกเทนก่อนนำไป ผสมเป็นน้ำมันเบนซินไว้สารตะกั่วต่อไป ชั้น รองลงมาอีกได้แก่ น้ำมันก๊าดซึ่งจะนำไปผ่านหน่วย ผลิตน้ำมันเครื่องบินไอพ่น และชั้นถัดมาสุดท้าย ได้แก่ น้ำมันดีเซลซึ่งจะนำไปผ่านหน่วยผลิตดีเซล กำมะถันต่ำต่อไป

การระเหย และกลั่นตัวจากถาดหนึ่งไปอีกถาดหนึ่งนั้นเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่อง ส่วนต่างๆ ที่ได้จากกระบวนการกลั่นจึงเรียกว่า ผลิตภัณฑ์กลั่นตรง (straight run) ซึ่งมีข้อดี คือ น้ำมันดีเซลมีค่าซีเทนสูงมาก ทำให้จุดติดไฟได้เร็ว เผาไหม้ง่าย รวดเร็วสมบูรณ์ เครื่องยนต์สะอาด ส่วนน้ำมันเตาเผาไหม้ง่าย รวดเร็วสมบูรณ์ ปราศจากเขม่าควัน และสามารถปรับแต่งปริมาณอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนเกิน (excess air) ให้ต่ำลงได้ง่าย ช่วยให้ประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง ตลอดจนค่าบำรุงรักษา อุปกรณ์ต่างๆในระยะยาว[4]

หน่วยงานการผลิตต่างๆ ของโรงกลั่นน้ำมัน

1. หน่วยกลั่นน้ำมันดิบ (topping unit, TPU) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำมันดิบให้เป็นน้ำมันกึ่งสำเร็จรูป โดยอาศัยสมบัติของจุดเดือดของน้ำมันแต่ละชนิด ทั้งนี้ น้ำมันดิบจากถังเก็บจะถูกส่งผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) และเตาต้มน้ำมัน (furnace) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้เหมาะสมก่อนส่งเข้าสู่หอกลั่นแยก (fractionator) หอกลั่นดังกล่าวจะแยกน้ำมันดิบตามสมบัติของจุดเดือด โดยน้ำมันที่มีจุดเดือดต่ำสุดจะออกจากหน่วยกลั่นทางด้านบนสุด ส่วนน้ำมันที่มีจุดเดือดสูงกว่า จะไหลออกจากหอกลั่นในระดับที่ต่ำลงมาจนกระทั่งน้ำมันที่มีจุดเดือดสูงสุดจะออกมาทางด้านล่าง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากหน่วยกลั่นน้ำมันดิบ ได้แก่ น้ำมันเนฟธา (whole naphtha) น้ำมันเนฟธาเบา (light naphtha) น้ำมันเนฟธาหนัก (heavy naphtha) น้ำมันก๊าด (kerosene) น้ำมันดีเซล (diesel) น้ำมันแก๊สออยล์ (gas oil) และน้ำมันเตา (fuel oil) น้ำมันเหล่านี้จะถูกส่งไปยังกระบวนการกลั่นลำดับต่อไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น

2. หน่วยกำจัดกำมะถันในน้ำมันเนฟธา (naphtha pretreating unit, NPU) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่กำจัดกำมะถันโดยใช้ความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) เป็นตัวช่วย น้ำมันเนฟธาจากหน่วยกลั่นน้ำมันดิบจะถูกส่งผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและเตาต้มน้ำมัน เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้เหมาะสมก่อนส่งเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนสารกำมะถันเป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซนี้จะถูกแยกออกจากรวมกับก๊าซเชื้อเพลิงที่มีกำมะถันเจือปน (sour fuel gas) ส่วนน้ำมันจะถูกแยกเป็นน้ำมันเนฟธาและน้ำมันเนฟธาหนัก น้ำมันเหล่านี้จะถูกส่งไปยังกระบวนการกลั่นลำดับต่อไปเพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเพิ่มคุณภาพ

3. หน่วยรีฟอร์มเมอร์ (catalytic reforming unit, CRU) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่เปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันเนฟธาหนักให้เป็นโครงสร้างที่มีค่าออกเทน (octane number) สูงขึ้น โดยใช้ความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นตัวช่วย น้ำมันเนฟธาหนักจาก naphtha pretreating unit จะถูกส่งผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและเตาต้มน้ำมัน เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้เหมาะสมก่อนส่งเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลของน้ำมัน (reforming reaction) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าออกเทนสูงขึ้น ซึ่งเรียกว่า น้ำมันรีฟอร์มเมท (reformate) น้ำมันนี้นับเป็นผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปประเภทหนึ่งที่ใช้ในการผลิตน้ำมันเบนซินต่างๆ น้ำมันรีฟอร์มเมทจาก catalytic-reforming-unit จะถูกส่งเข้าสู่ถังเก็บเพื่อรอการผสมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หน่วยไอโซเมอร์ไรเซชัน (light naphtha isomerization unit, LN-ISOU) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่เปลี่ยนโครงสร้าง โมเลกุลของน้ำมันเนฟธาเบาให้เป็น โครงสร้างที่มีค่าออกเทนสูงขึ้น โดย ใช้ความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นตัวช่วย น้ำมันเนฟธาเบาจาก naphtha pretreating unit จะถูก ส่งผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้เหมาะสม ก่อนส่งเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ ซึ่ง จะเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยน โครงสร้าง โมเลกุลของน้ำมัน (isomerization reaction) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ ที่มีค่าออกเทนสูงขึ้น ซึ่งเรียกว่าน้ำมันไอโซเมอร์เรท (isomerase) น้ำมันนี้นับเป็นผลิตภัณฑ์ที่ สำเร็จรูปประเภทหนึ่งที่ใช้ในการผลิตน้ำมันเบนซินชนิดต่างๆ น้ำมันไอโซเมอร์เรทจาก light naphtha isomerization unit จะถูกส่งเข้าสู่ถังเก็บเพื่อรอการผสมต่อไป

5. หน่วยแยกก๊าซ (gas recovery unit) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่รวบรวมก๊าซที่เกิดจาก กระบวนการกลั่นต่างๆ รวมทั้งน้ำมันเนฟธาเบาจากหน่วยกลั่นน้ำมันดิบ และแยกออกเป็นก๊าซ เชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการกลั่น (fuel gas) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (liquified petroleum gas, LPG) และน้ำมันเนฟธาเบา ซึ่งจะถูกลำเลียงไปยังกระบวนการกลั่นลำดับต่อไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น

6. หน่วยกำจัดกำมะถันในก๊าซหุงต้ม (LPG merox unit, LPGU) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ เปลี่ยนกำมะถันพวกเมอร์แคปแทน (mercaptan) ในก๊าซปิโตรเลียมเหลวให้กลายเป็นไดซัลไฟด์ (disulfide) พร้อมทั้งแยกสารกำมะถันเหล่านี้ออกโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ก๊าซปิโตรเลียมเหลวจาก gas recovery unit จะถูกส่งเข้าสู่อุปกรณ์ซึ่งใช้กำจัดกำมะถันไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก่อนที่จะผ่านไปยัง อุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนเมอร์แคปแทนเป็น ไดซัลไฟด์ น้ำมันที่ได้จากกระบวนการนี้จะถูกส่งเข้าสู่ถังเก็บ เพื่อรอการจำหน่ายต่อไป

7. หน่วยผลิตน้ำมันเครื่องบิน (kerosene treating unit, KTU) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ เปลี่ยนกำมะถันพวกเมอร์แคปแทนในน้ำมันก๊าดให้กลายเป็น ไดซัลไฟด์ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา สภาพความเป็นด่างและอากาศ รวมทั้งปรับสภาพของน้ำมันดังกล่าวให้เหมาะสมที่จะเป็นน้ำมัน เครื่องบิน น้ำมันก๊าดจากหน่วยกลั่นน้ำมันดิบ จะถูกส่งผ่านอุปกรณ์เพื่อปรับสภาพน้ำมันให้ เหมาะสมก่อนส่งเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนเมอร์แคปแทนเป็น ไดซัลไฟด์ หลังจากนั้นน้ำมันดังกล่าวจึงถูกส่งไปยังอุปกรณ์กำจัดสิ่งเจือปนอื่นๆ ก่อนที่จะส่งเข้าถังเก็บเพื่อรอ การจำหน่ายต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. หน่วยผลิตน้ำมันดีเซลกำมะถันต่ำ (gas oil hydrodesulfurization unit, GO-HDSU) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่กำจัดกำมะถันออกจากน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (high speed diesel) โดยใช้ความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยา น้ำมันดีเซลและน้ำมันแก๊สออยล์จากหน่วยกลั่นน้ำมันดิบ จะถูกส่งผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและเตาต้มน้ำมัน เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้เหมาะสมก่อนส่งเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนสารกำมะถันให้เป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซนี้จะถูกแยกออกจากน้ำมัน และส่งไปรวมกับก๊าซเชื้อเพลิงที่มีกำมะถันเจือปน ส่วนน้ำมันดีเซลหมุนเร็วจะถูกส่งเข้าสู่ถังเก็บเพื่อรอการจำหน่ายต่อไป

9. หน่วยกำจัดกำมะถันในก๊าซเชื้อเพลิง (fuel gas treating unit, FGTU) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่กำจัดกำมะถันในก๊าซเชื้อเพลิง โดยใช้สารละลายเอมีน (amine solution) เป็นตัวช่วย ก๊าซเชื้อเพลิงที่มีกำมะถันเจือปนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการกลั่นทั้งหมด จะถูกส่งผ่านอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่จับสารกำมะถันออก ทำให้ก๊าซเชื้อเพลิงที่จะใช้เผาให้ความร้อนในเตาต้มน้ำมันมีปริมาณกำมะถันน้อยมากหรือแทบจะไม่มีเลยที่เรียกว่า sweet fuel gas ก๊าซเชื้อเพลิงเหล่านี้จะถูกใช้ในกระบวนการกลั่นทั้งหมด ส่วนกำมะถันที่แยกได้จะส่งไปยังหน่วยผลิตกำมะถัน (sulfur recovery unit)

10. หน่วยผลิตกำมะถัน (sulfur recovery unit) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่เปลี่ยนรูปกำมะถันที่แยกจากก๊าซเชื้อเพลิงที่มีกำมะถันเจือปนอยู่ให้เป็นกำมะถันเหลว โดยใช้ความร้อน อากาศ และตัวเร่งปฏิกิริยา กำมะถันที่ได้จากกระบวนการนี้จะถูกส่งเข้าสู่ถังเก็บเพื่อรอการจำหน่ายต่อไป

2.3 กำมะถัน (sulfur)

เป็นสารที่ไม่ใช่ไฮโดรคาร์บอนที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในน้ำมันดิบ กำมะถันในน้ำมันดีเซลเมื่อเผาไหม้กับอากาศจะกลายเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับความชื้นหรือน้ำกลายเป็นกรดกำมะถันกัดกร่อนชิ้นส่วนต่างๆ ในเครื่องยนต์ ทำให้เครื่องยนต์สึกหรอได้ การสึกหรอนี้จะไม่มีมากนักถ้าเครื่องยนต์ทำงานเต็มกำลังได้ในลักษณะโหลดและความเร็วคงที่ และอุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์สูงๆ เช่น เครื่องยนต์ขับเคลื่อนเรือเดินทะเล หรือขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในโรงงาน ซึ่งเครื่องยนต์ประเภทนี้ สามารถใช้น้ำมันดีเซลที่มีประมาณกำมะถันในปริมาณสูงได้

สมบัติของกำมะถัน

เป็นผลึกสีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่นหรือรส ไม่ละลายน้ำ ละลายในเบนซีน, โทลูอิน, คาร์บอนไดซัลไฟด์ หลอมเหลวที่ 112.8°C และเดือดที่ 444.4°C ที่อุณหภูมิห้องผลึกอยู่ในรูป orthorhombic ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าจะเปลี่ยนรูปผลึกเป็น monoclinic

นอกจากจะพบได้จากการแยกกำมะถันในน้ำมันแล้ว ในธรรมชาติจะพบบริเวณภูเขาไฟ และพบในแร่ เช่น pyrite gypsum เป็นต้น โดยประเทศที่ทำเหมืองกำมะถันได้แก่ แคนาดา สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น โปแลนด์และรัสเซีย

กำมะถันสามารถนำไปใช้งานได้โดยตรง เช่น เป็นส่วนผสมในการผลิตยางรถยนต์ ยาฆ่าแมลงสารฟอกสีน้ำตาลทราย และใช้ทำสารประกอบของน้ำมัน เช่น กรดกำมะถัน ซึ่งเป็นสารเคมีพื้นฐานที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง เช่น การผลิตปุ๋ยฟอสเฟต สารสี วัตถุระเบิด เป็นต้น

ตัวอย่างสารประกอบกำมะถันที่พบในน้ำมันได้แก่

Hydrogen sulphide



Mercaptans

-Aliphatic



-Aromatic

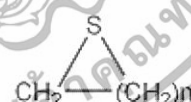


Sulphides

-Aliphatic



-Cyclic

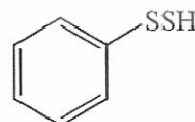


Diesulphide

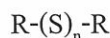
-Aliphatic



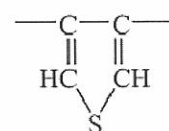
-Aromatic



Polysulphide



Thiopene



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจากที่กล่าวมาแล้ว กำมะถันสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายประการ แต่เช่นเดียวกัน กำมะถันเองก็ให้โทษ โดยเฉพาะกับเครื่องยนต์

2.4 กระบวนการกำจัดกำมะถัน

ปัจจุบันปริมาณกำมะถันที่มีอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันดีเซลจะถูกควบคุมให้อยู่ในระดับต่ำและถูกปรับให้มีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่องและในปี ค.ศ. 2005 นั้นในยุโรปและอเมริกาได้มีการเรียกร้องให้มีปริมาณของกำมะถันที่มีอยู่ในน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซลได้มากที่สุดซึ่งมีเกณฑ์ขั้นต่ำที่ยอมรับได้อยู่ที่ 50 ppm และจะถูกลดลงให้ต่ำกว่า 10 ppm ในปี ค.ศ. 2010

Hydrodesulfurization (HDS) เป็นวิธีการทางอุตสาหกรรมที่แพร่หลายและเป็นที่ยอมรับในการกำจัดกำมะถันออกจากน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งต้องการอุณหภูมิและความดันที่สูงทำให้การกำจัดกำมะถันด้วยวิธี HDS มีต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่สูงในการที่จะกำจัดกำมะถันให้ได้ในปริมาณมากๆ นอกจากนั้นเทคนิค HDS ไม่สามารถที่จะกำจัดสารประกอบกำมะถันที่มีลักษณะเป็นวงได้ เช่น dibenzothiophene (DBT) และอนุพันธ์ โดยเฉพาะ 4,6 dimethyldibenzothiophene (4,6 -DMDBT)

ได้มีการค้นคว้าและพยายามที่จะพัฒนาเทคนิคการกำจัดกำมะถันทั้งสองแบบคือ เทคนิคการกำจัดกำมะถันโดยใช้ไฮโดรเจน (hydrodesulfurization : HDS) แบบปกติ และเทคนิคแบบอื่นๆ เช่น selective adsorption , biodesulfurization , ODS ฯลฯ เพื่อที่จะกำจัดสารประกอบกำมะถันออกจากผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียม

Oxidative desulfurization (ODS) ได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากเป็นอีกเทคนิคหนึ่งในการกำจัดกำมะถัน ปกติแล้วเทคนิค ODS จะแบ่งออกเป็นสองขั้นตอน คือ การออกซิเดชันแล้วตามด้วยการสกัดด้วยของเหลว (liquid extraction) ในกระบวนการ ODS สารประกอบกำมะถันจะถูกออกซิไดซ์ด้วยตัวออกซิแดนท์ที่เหมาะสม และจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบที่เหมือนกับซัลฟอกไซด์ (sulphoxides) และ ซัลโฟน (sulphones)

น้ำมันตัวเบา (light oil) จะถูกสกัดได้มากกว่าเนื่องจากสภาพขั้วที่เพิ่มขึ้น ส่วนตัวออกซิแดนท์ที่เหลือจากการสกัดที่ค้างอยู่ในน้ำมันสามารถกำจัดออกได้โดยการล้างด้วยน้ำและการสกัด และในส่วนของสารประกอบที่เกิดจากการออกซิไดซ์จะสกัดออกโดยการใช้ตัวทำละลายพวกที่มีขั้วและไม่ละลายรวมกับน้ำมันเชื้อเพลิง

สารประกอบที่เกิดจากการออกซิไดซ์และตัวทำละลายสามารถแยกออกจากน้ำมัน โดยการปั่นแยก หรือ ทิ้งให้ตกตะกอนซึ่งจะใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด น้ำมันที่ถูกล้างด้วยน้ำแล้วนั้นจะกำจัดน้ำออกโดยการสกัดด้วยตัวทำละลายแล้วทำให้บริสุทธิ์โดยใช้วิธี การอื่นๆ เช่น การดูดซับด้วยซิลิกาเจล และ อะลูมิเนียมออกไซด์ ส่วนตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารประกอบที่เกิดจากการออกซิไดซ์ซึ่งผสมกันอยู่นั้นจะนำกลับมาใช้ใหม่โดยการกลั่นแบบ

ธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการใช้กระบวนการนี้สามารถกำจัดกำมะถันได้ในปริมาณมากและยังมีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำมันน้อยอีกด้วย และยังมีตัวออกซิแดนซ์ที่อีกหลายตัวซึ่งเป็นพวกกรดอินทรีย์ กรดอินทรีย์ เกลือ และ โอโซน เป็นต้น

ความก้าวหน้าและประโยชน์ของวิธีการในการกำจัดกำมะถันแบบ ODS ได้รับการยอมรับว่าเป็นทางเลือกที่มีความต้องการมากที่สุดในการกำจัดกำมะถัน เนื่องจากว่าสามารถลดปริมาณกำมะถันออกไปได้มากและไม่มีผลในทางลบกับต้นทุนทั้งหมด แต่อย่างไรก็ตามเทคนิค ODS ยังมีปัญหาใหญ่ที่เกี่ยวข้องอยู่สองประการนั่นคือ การเลือกตัวออกซิแดนซ์ที่เหมาะสมทำได้ยากและตัวออกซิแดนซ์บางตัวไม่เป็นที่ต้องการในการเกิดปฏิกิริยาทำให้มีการลดลงของปริมาตรและคุณภาพของน้ำมัน ส่วนประการที่สองคือการเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบกำมะถันการใช้ตัวทำละลายที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้มีสารประกอบพวกอะโรมาติกหรือโอเลฟินถูกสกัดออกมาจากน้ำมันแทน หรือสกัดสารประกอบกำมะถันของน้ำมันออกมาได้น้อย ผลที่ตามมาจากปัญหาทั้งสองประการก็คือค่าใช้จ่ายที่มากขึ้นนั่นเอง

การใช้เทคนิค ODS ยังไม่มีรายงานและการกำหนดสภาวะที่เหมาะสมของอุณหภูมิ ตัวออกซิแดนซ์ ตัวเร่งปฏิกิริยา อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อน้ำมันในการสกัด และผลของสารละลายที่ใช้ในการสกัดแต่ละชนิดต่อคุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิง ดังนั้นเทคนิค ODS ยังต้องการผลการทดลองอื่นๆ อีกมาก โดยเฉพาะการเลือกตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม [7]

2.5 กระบวนการออกซิเดชัน [5]

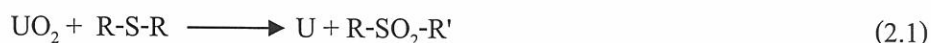
ประสิทธิภาพของปฏิกิริยาการกำจัดกำมะถันขึ้นอยู่กับจลนศาสตร์และการเลือกใช้ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันควรจะมีความเร็ว และตัวออกซิแดนซ์ควรจะมีเฉพาะเจาะจงต่อกำมะถัน ตัวออกซิแดนซ์ ซึ่งใช้มากที่สุดในทางอุตสาหกรรม คือ ออกซิเจน และมี 2 วิธีที่ถูกใช้ในการออกซิไดซ์สารประกอบกำมะถันด้วยออกซิเจน ได้แก่

- 1) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยใช้ออกซิเจนหรืออากาศเข้าทำปฏิกิริยากับสารประกอบกำมะถันโดยตรง วิธีนี้เหมาะสมอย่างยิ่งกับสารประกอบไทออล (thiol) และปฏิกิริยาจะดำเนินไปในสารละลายเบส
- 2) เป็นการใช้ปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยใช้ตัวพาออกซิเจน โดยตัวพาออกซิเจนเป็นโมเลกุลซึ่งสามารถมีความเฉพาะเจาะจงในการออกซิไดซ์กำมะถันและยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ หรือผลิตขึ้นโดยโมเลกุลออกซิเจนที่จะนำไปใช้ ซึ่งตัวพาออกซิเจนมีอยู่สองชนิดคือ ชนิดที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้และไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• ปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบกำมะถัน (R-S-R') ด้วยตัวออกซิเดนต์ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (UO_2) ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนดังนี้

(1) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน

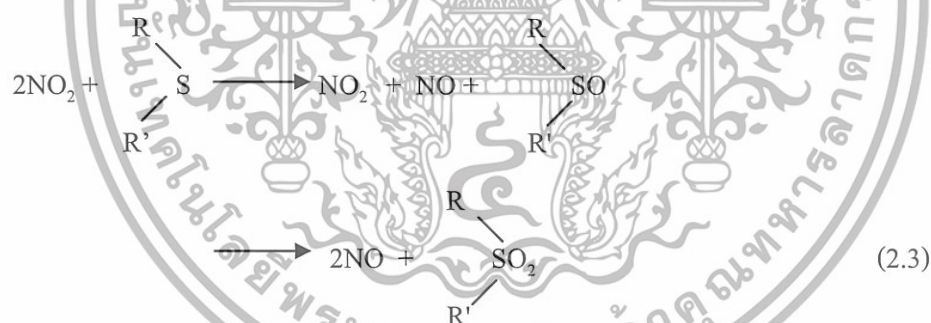


(2) การนำตัวออกซิเดนต์กลับมาใช้ใหม่ด้วยการรวมตัวกับ โมเลกุลของออกซิเจน



ไนโตรเจนไดออกไซด์จัดเป็นตัวออกซิเดนต์ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ และการนำมาใช้สามารถแสดงได้ดังนี้

(1) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน

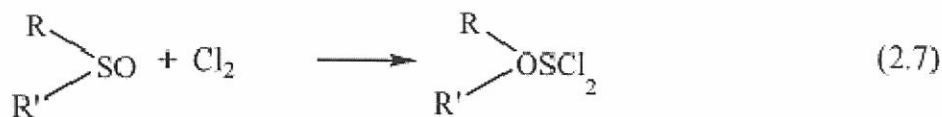
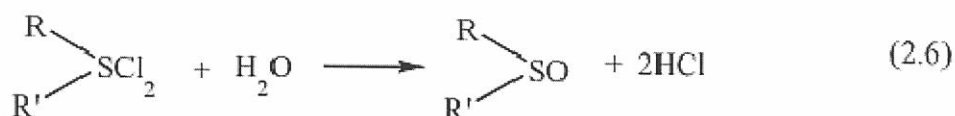
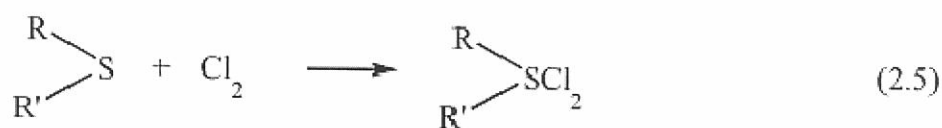


(2) การนำกลับมาใช้ใหม่



คลอรีนจัดเป็นตัวออกซิเดนต์ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้เช่นกัน โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการกำจัดกำมะถันด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน และไฮโดรลิซิส ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- ปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยใช้ตัวออกซิเดนต์ที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไฮโดรคาร์บอนด้วยโมเลกุลของออกซิเจนที่ดำเนินในชั้นอินเทอร์มีเดียตของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide, HP) และกรดเปอร์ออกซี (peroxy acid, PA) โดยอินเทอร์มีเดียตของเปอร์ออกไซด์ มีความเฉพาะเจาะจงในการออกซิไดซ์สารประกอบซัลไฟด์ให้เป็นซัลโฟนได้

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไฮโดรคาร์บอนด้วยออกซิเจน สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. Noncatalytic, liquid-phase oxidation ของไฮโดรคาร์บอน (RH) โดยใช้ออกซิเจนที่มากเกินไปในการก่อกลไกของฟรีเรดิคัล ซึ่งในขั้นริเริ่ม สามารถเกิดได้ด้วยโมเลกุลของออกซิเจนดังในปฏิกิริยา



หรือโดยปฏิกิริยาการสลายตัวของอิเทอร์มีเดียตหรือ hydrocarbon peroxide, RO_2H



ฟรีเรดิคัลที่เกิดขึ้นเช่น HO^\cdot , RO_2^\cdot , RO^\cdot (แทนด้วย A) สามารถดึงไฮโดรเจนจากโมเลกุลไฮโดรคาร์บอน เพื่อผลิต R^\cdot ซึ่ง R^\cdot จะรวมตัวกับออกซิเจนอย่างรวดเร็ว และเปอร์ออกซีเรดิคัล (peroxy radical RO_2^\cdot) จะถูกสร้างขึ้นโดยปฏิกิริยา (2.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ซึ่งเปอร์ออกซีแรดิคัล สามารถดึงไฮโดรเจนจากโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนตัวอื่น และผลิตไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (RO₂H) ขึ้น



หรือ เปอร์ออกซีแรดิคัลเข้ารวมกันเพื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาดังสมการ



2. ไฮโดรคาร์บอนซึ่งประกอบด้วยไฮโดรเจนที่มีพลังงานพันธะต่ำจะถูกออกซิไดซ์อย่างรวดเร็วกว่าพวกที่มีพลังงานพันธะสูง ส่งผลให้ไฮโดรเปอร์ออกไซด์มีความเสถียรมากกว่าและยังเป็นตัวออกซิแดนซ์ที่มีความจำเพาะเจาะจงมากกว่า

3. ไฮโดรเปอร์ออกไซด์และกรดเปอร์ออกซี มีความจำเพาะเจาะจงในการออกซิไดซ์สารประกอบซัลเฟอร์ให้เป็นซัลฟอกไซด์ (sulfoxide) และซัลโฟน (sulfone)

4. ชนิดของตัวทำละลายมีผลกระทบต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยเช่นกัน ปกติแล้วตัวทำละลายสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิดคือ polar protic , dipolar aprotic และ non-polar

• **Polar protic solvents**

Protic หมายถึง อะตอมของไฮโดรเจนที่เข้าทำปฏิกิริยากับ electronegative atom ซึ่งโดยส่วนมากแล้ว electronegative atom มักจะเป็นอะตอมของออกซิเจน สูตรทั่วไปของ polar protic solvent คือ ROH โดยความเป็นขั้วของ polar protic solvent ได้มาจากพันธะระหว่าง O-H ตัวอย่างของตัวทำละลายประเภทนี้ได้แก่ น้ำ (H₂O), เมทานอล (CH₃OH) และกรดแอซิดิก (CH₃COOH)

• **Dipolar aprotic solvents**

Aprotic หมายถึง โมเลกุลที่ไม่มีพันธะระหว่าง O-H อยู่ในโครงสร้าง ตัวทำละลายประเภทนี้ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยพันธะคู่ของ C=O ตัวอย่างเช่น อะซีโตน [(CH₃)₂C=O] และเอทิลแอซิด (CH₃CO₂CH₂CH₃)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• **Non-polar solvents**

ตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว จัดเป็นสารที่มีค่า dielectric constant ต่ำ และไม่สามารถละลายในน้ำได้ ตัวอย่างตัวทำละลายประเภทนี้ เช่น เบนซีน (C_6H_6), คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4) และไดเอทิลอีเทอร์ ($CH_3CH_2OCH_2CH_3$)

ตัวทำละลายที่เป็น polar protic จะมีผลกระทบต่อสมการอัตรา (rate equation) สำหรับปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบกำมะถัน โดยทั่วไปสมการอัตราของปฏิกิริยานี้ประกอบไปด้วย 2 เทอม เทอมแรกเกี่ยวข้องกับความเป็นกรดของตัวทำละลาย และอีกเทอมหนึ่งเกี่ยวข้องกับ degree of association ของไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (HP) ดังสมการ

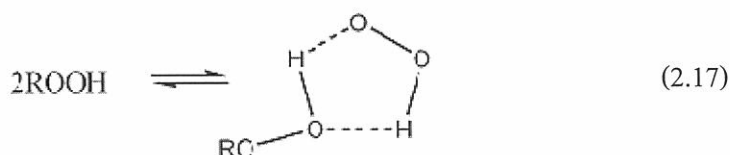
$$d[R-S-R'] / dt = k_2[R-S-R'][HP] + k_3[R-S-R'][HP]^2 \quad (2.15)$$

จากงานวิจัยของ Overberger และ Cummins [8] ในปี ค.ศ. 1953 ซึ่งได้เสนอกลไกของปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบกำมะถันไว้ว่า กำมะถันจะถูกออกซิไดซ์โดยการเข้าทำปฏิกิริยาของนิวคลีโอไฟล์บนเปอร์ออกไซด์และ polar protic ดังสมการ



HA แสดงถึงโมเลกุลของ polar protic และ $R''O_2H$ คือ เปอร์ออกไซด์

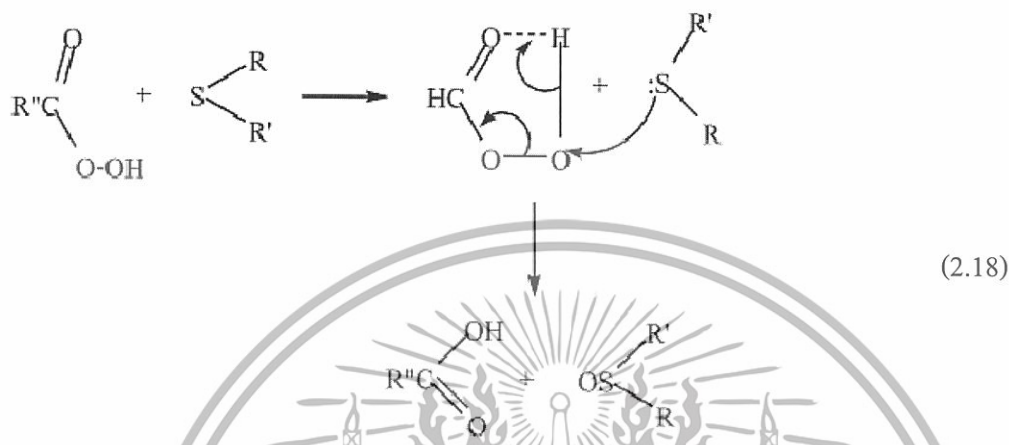
ในตัวทำละลาย polar protic ซึ่งมีปริมาณมากเกินพอเมื่อเทียบกับเปอร์ออกไซด์ จะมีอันดับของปฏิกิริยาตามสมการอัตราของปฏิกิริยา (2.15) ส่วนในตัวทำละลายที่เป็น aprotic โมเลกุลเปอร์ออกไซด์อื่นๆ จะทำหน้าที่เป็นกรด ดังสมการข้างล่างนี้



ดังนั้นในตัวทำละลาย aprotic สมการอัตราของปฏิกิริยา (2.15) จะขึ้นกับกำลังสองของความเข้มข้นของเปอร์ออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กรดเปอร์ออกซี (peroxy acid) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันครั้งแรกของอัลดีไฮด์ สามารถเกิดการบิดเหนียวเป็น cyclic peroxidic complex ซึ่งโดยทั่วไปอัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชันสารประกอบกำมะถันด้วยกรดเปอร์ออกซี จะขึ้นกับความเข้มข้นของกรดเปอร์ออกซี ดังสมการข้างล่างนี้



2.6 ปฏิกิริยาออกซิเดชันของ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

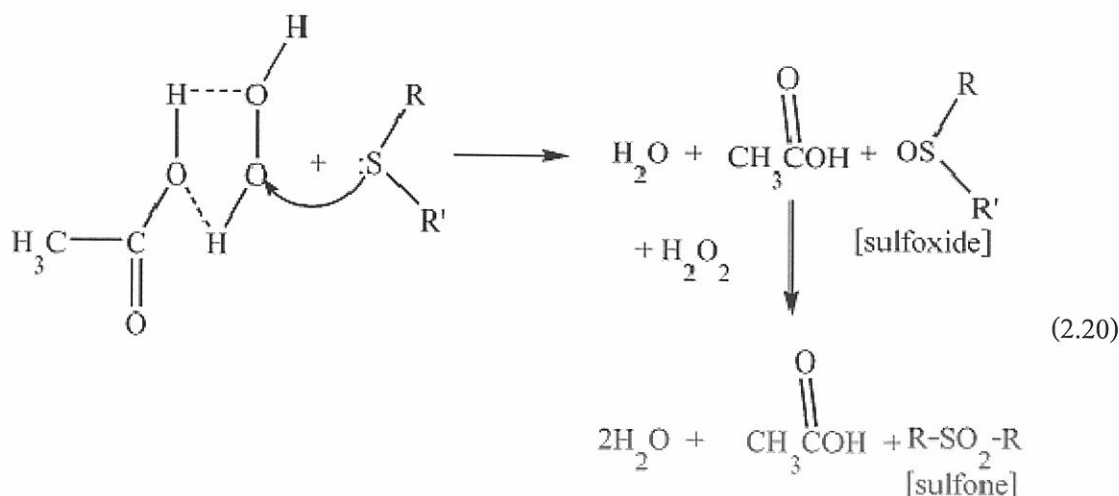
ในการทดลองนี้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้นำมาใช้เป็นตัวออกซิแดนท์โดยจากการศึกษาของ Zammikos F. และคณะ [10] ในปี ค.ศ. 1995 โดยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ถูกใช้เป็น hydroperoxide agent ซึ่งผลการทดลองที่ได้คือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นเหมาะสมที่จะออกซิไดซ์ aromatic sulfur compound โดยตัวทำละลายสำหรับปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบกำมะถันคือ สารละลายกรดแอซิดิก และสารละลายกรดฟอร์มิก

ปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และสารประกอบกำมะถัน โดยใช้สารละลายกรดแอซิดิกเป็นตัวทำละลายเป็นดังสมการต่อไปนี้



จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น หนึ่งโมลของตัวออกซิแดนท์จะทำปฏิกิริยากับหนึ่งโมลของสารประกอบกำมะถันเพื่อเปลี่ยนเป็นซัลฟอกไซด์ และตัวออกซิแดนท์สองตัวจะทำปฏิกิริยากับหนึ่งโมลของสารประกอบกำมะถันเป็นซัลโฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



RSR' = สารประกอบกำมะถัน

จากกลไกแสดงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและกระบวนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบกำมะถัน ซึ่งอิเล็กตรอนอิสระจากอะตอมกำมะถันจะเข้าทำปฏิกิริยากับอะตอมออกซิเจนของโครงสร้างระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และกรดแอซิติก (acetic) ซึ่งเรียกว่า ซัลฟอกไซด์ (sulfoxide) ดังนั้นซัลฟอกไซด์จะถูกทำให้เปลี่ยนเป็นซัลโฟน สำหรับกลไกการเกิดของกรดฟอร์มิคจะเป็นในรูปแบบเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นายวรพจน์ นิลพัทธ์ [3] ในปี พ.ศ. 2545 ทำการศึกษาปฏิกิริยา reductive desulfurization ของเบนโซไทโอฟีนด้วยโลหะโซเดียมโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ในการสกัด 4 ชนิด คือ โทลูอีน ไซลีน เฮปเทน ที่อุณหภูมิรีฟลักซ์ และเอทานอลที่อุณหภูมิ 30-80°C ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดจากการทดลองในการกำจัดกำมะถันพวกเบนโซไทโอฟีนสูงถึงร้อยละ 97 ด้วยตัวทำละลายไซลีนที่ 140°C อุณหภูมิรีฟลักซ์ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเบนโซฟีโนน ทำการพิสูจน์เอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมทรี (GC-MS) และหาปริมาณของผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี (GC)

Guoxian, Y. และคณะ [9] ในปีค.ศ. 2005 ทำการศึกษากำจัดกำมะถันในน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แล้วใช้ถ่านคาร์บอนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (activated carbon) เนื่องจากถ่านคาร์บอน มีสมบัติการดูดซับไดเบนโซไทโอฟีน (dibenzothiophene, DBT) จากการทดลองพบว่าค่า pH มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาของถ่านคาร์บอน โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดได้ดีเมื่อระบบมี pH ต่ำกว่า 2 จึงใส่กรดฟอร์มิกเพื่อให้เกิดการออกซิเดชันดีขึ้น เมื่อทำการตรวจสอบการดูดซับโดยตรวจสอบพื้นผิวทางเคมีของถ่านคาร์บอน และการดำเนินไปของปฏิกิริยาเร่งการดูดซับ แสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับหมู่คาร์บอกซิลิกที่มีอยู่ในถ่าน โดยประสิทธิภาพของปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นเมื่อผิวหน้าถ่านคาร์บอนมีหมู่คาร์บอนิลเพิ่มขึ้น การออกซิเดชันเพื่อกำจัดกำมะถันของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลทางการค้าด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับกรดฟอร์มิก และถ่านคาร์บอน พบว่าเหลือกำมะถันอยู่น้อยมาก (ปริมาณกำมะถันจาก 800 wt.ppm เหลือ 142 wt.ppm) หลังจากใช้ถ่านคาร์บอนดูดซับพบว่าไม่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิง และเหลือปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลเพียง 16 wt.ppm กำมะถันถูกกำจัดออกจากน้ำมันดีเซลถึง 98 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ทราบว่าถ่านคาร์บอนมีผลการเร่งปฏิกิริยา และยังสามารถใช้ซ้ำได้ โดยการใช้น้ำล้าง ซึ่งถ่านคาร์บอนจะมีสมบัติเปลี่ยนเล็กน้อยเท่านั้นหลังจากที่นำกลับมาใช้ใหม่เป็นเวลาสามครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zannikos, F. และคณะ [10] ในปี ค.ศ. 1995 ทำการศึกษาการกำจัดกำมะถันในส่วนกลั่นปิโตรเลียมโดยการออกซิเดชัน และสกัดด้วยสารละลาย ซึ่งเลือกได้หลากหลาย สามารถสกัดสารประกอบกำมะถันโดยเฉพาะในปิโตรเลียม โดยการออกซิไดซ์สารประกอบกำมะถันจากซัลไฟด์เป็นซัลโฟน กระบวนการออกซิเดชันทำให้เกิดการกำจัดกำมะถันออกไปอย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้สารละลาย เช่น เมทานอล ซึ่งมีความเฉพาะเจาะจงในการสกัดสารประกอบกำมะถันที่ผ่านการออกซิไดซ์แล้ว ทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่าง gas oil 2 ชนิด คือ ชนิดที่ 1 เป็น medium crude oil และชนิดที่ 2 เป็น crude oil ที่ผสมสารประกอบกำมะถันลงไปปริมาณมาก (โดยเติม n-hexyl methyl sulfide ลงใน crude oil จะได้น้ำมันที่มีซัลไฟด์ แต่ใสไม่มีสี) โดยนำไปเข้ากระบวนการเติมสารละลายสกัดผสมกับ gas oil เขย่าด้วยเครื่อง 30 นาที เมื่อแยกเฟสกันแล้วทำการตรวจวัดด้วย gas-liquid chromatography สุดท้ายจะนำสารละลายไปล้างซ้ำๆ ด้วยน้ำกลั่น แล้วทำการวิเคราะห์สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ปริมาณกำมะถัน และสมบัติทางกายภาพ จากการศึกษาความเป็นไปได้ในปฏิกิริยาการกำจัดกำมะถัน โดยปราศจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการทำปฏิกิริยา พบว่ากระบวนการโดยรวมมีความสามารถในการกำจัดกำมะถันได้มากถึง 90 เปอร์เซ็นต์ของสารประกอบกำมะถันทั้งหมดในส่วนน้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งเป็นผลที่สามารถยอมรับได้ กระบวนการออกซิเดชันไม่มีผลเสียใดๆ ต่อการกลั่นและสมบัติเฉพาะอื่นๆ ของน้ำมันปิโตรเลียม

Otsuki, S. และคณะ [11] ในปี ค.ศ. 2000 ทำการศึกษาการกำจัดกำมะถันออกจาก light gas oil (LGO) และ vacuum gas oil (VGO) ด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับกรดฟอร์มิค ที่อุณหภูมิ 70 °C ณ เวลาต่างๆ กัน และตามด้วยการสกัดโดยใช้ N,N'-dimethylformamide (DMF) และ acetonitrile (ACN) จากการทดลองพบว่าสารประกอบซัลเฟอร์ใน LGO และ VGO จะถูกออกซิไดซ์จนเหลือเพียง 0.01 wt%S โดยการตรวจวัดด้วย GC-FPD และการพิสูจน์ด้วย FT/IR พบว่าใน LGO และ VGO ที่ถูกออกซิไดซ์จะมีซัลโฟนเกิดขึ้น ตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการสกัดสารประกอบซัลเฟอร์คือ DMF

Lanju, C. และคณะ [12] ในปี ค.ศ. 2006 ทำการศึกษาปฏิกิริยาออกซิเดชันของไทโอฟิน (thiophenes) บนซัลโฟนาเจลในไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นตัวออกซิเดนต์ และใช้กรดฟอร์มิคเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่ง thiophene(C_4H_4S) , 3-methylthiophene(3- MC_4H_4S) และสารประกอบกำมะถันต่างๆนั้น จะพบอยู่ในกระบวนการ fluid catalytic cracking (FCC) ของแก๊สโซลีน โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันของ C_4H_4S และ 3- MC_4H_4S จะเกิดกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และกรดฟอร์มิคบนซัลโฟนาเจลที่มีสารประกอบออกไซด์ของโลหะ ซึ่งซัลโฟนาเจลจะมีการเพิ่มสารประกอบออกไซด์ของทองแดงและโคบอลในอัตราส่วน (1:1) ซึ่งจะพบว่ามีความว่องไวมากต่อระบบที่ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และกรดฟอร์มิค ในขณะที่ซัลโฟนาเจลที่ไม่มีสารเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกไซด์ของโลหะจะว่องไวน้อย กระบวนการของ C_4H_4S และ $3-MC_4H_4S$ สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยการเพิ่มอุณหภูมิ แต่จะลดลงเมื่อมีการเติมสารพวก olefin โดยอัตราการกำจัดในกระบวนการนี้จะเพิ่มขึ้น เมื่อเฟสของตัวเร่งปฏิกิริยาเคลื่อนที่ของอิมัลชัน polyethylene glycol octyl phenyl ether หรือ tetrabutylammonium bromine (TBAB) ถูกเติมลงไป โดยอัตราการกำจัดกำมะถันของ gasoline ที่ถูกกระตุ้นจะมีปริมาณกำมะถันเหลือเพียง $524 \mu\text{m}\cdot\text{ml}^{-1}$ หรือทำการกำจัดได้ถึง 90% ของปริมาณกำมะถันทั้งหมดที่น่าสนใจก็คือ ในปฏิกิริยาที่ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และกรดฟอร์มิคที่มีการเติม TABA จะเกิด bromine substitution เกิดขึ้นในปฏิกิริยาออกซิเดชันของ thiophenes ทำให้กำจัดได้ดีขึ้น

Farhan , A. และคณะ [13] ในปี ค.ศ. 2007 ทำการศึกษาการกำจัดกำมะถันออกจากร้ำมันดีเซลโดยใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เปลี่ยนสารประกอบซัลไฟด์อะโรมาติก เป็นซัลโฟน โดยใช้ tungstate เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา oxidative desulfurization(ODS) ซึ่งกระบวนการจะประกอบด้วย Na_2WO_4 , 30%ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และกรดแอสซิติค ซึ่งเหมาะกับการกำจัดกำมะถันในน้ำมันดีเซล และการรวมกระบวนการ ODS กับการสกัดด้วยเมทานอลเข้าด้วยกัน จะพบว่าปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลจะลดลงจาก 1100 ppm เป็น 40 ppm และในระบบนี้จะแสดงให้เห็นว่า dibenzothiophene และ 4,6-dibenzothiophene หรือ thiophene ที่มีจะเปลี่ยนเป็นซัลโฟนที่ 70°C ในเวลาน้อยกว่าหนึ่งชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. บริษัทเครื่องแก้ว
2. ขวดก้นกลมสามคอ ขนาด 500 ml
3. เครื่องปั่นกวนเชิงกล (mechanical stirrer)
4. ที่วัดอุณหภูมิ (thermometer)
5. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง
6. เครื่อง Adiabatic Bomb Calorimeter รุ่น PARR 1281
7. เครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrophotometer รุ่น LAB-X 1000
8. เครื่อง Fourier-Transform Infrared Spectrophotometer (FT/IR) รุ่น Thermo 470

3.2 สารเคมี

1. น้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ยังไม่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน จากบริษัท บางจาก จำกัด (มหาชน)
2. น้ำมันพาราฟิน (paraffine oil) เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท SR.LAB
3. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2) เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท SR.LAB
4. กรดฟอร์มิก (formic acid, $HCOOH$) เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท LAB SCAN
5. กรดแอซิติก (acetic acid, CH_3COOH) เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท LAB SCAN
6. โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate, Na_2CO_3) เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท SR.LAB
7. เมทานอล (conc. methanol, CH_3OH) เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท LAB SCAN
8. แมกนีเซียมซัลเฟต (anhydrous magnesium sulphate, anh. $MgSO_4$) เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท Merck

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการทดลอง

ในการทดลองนี้จะทำการกำจัดกำมะถันจากน้ำมันดีเซลด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน และนำน้ำมันดีเซลที่ผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชันไปทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี เพื่อวิเคราะห์ผล

3.3.1 การเตรียมสารเคมี

วิธีเตรียมความเข้มข้นสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO_4) 0.05 mol/dm^3
2. สารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เจือจางกับน้ำกลั่น (1:1)

วิธีการหาความเข้มข้น

1. ปิเปตสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ต้องการหาความเข้มข้น 10 ml ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 250 ml เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดวัดปริมาตร
2. ปิเปตสารละลายจากข้อ 1. ปริมาตร 25 ml ใส่ขวดรูปชมพู่ จากนั้นเติมสารละลายกรดซัลฟิวริก 20 ml
3. ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 0.05 mol/dm^3 จนถึงจุดยุติเป็นสีชมพูถาวร
4. ทำการไทเทรตซ้ำอีกครั้ง ตามข้อ 1-3
5. ทำการจดบันทึก แล้วนำมาคำนวณความเข้มข้นสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ตัวอย่างการคำนวณ

ปิเปตตัวอย่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10 ml ใส่ลงในขวดวัดปริมาตร 250 ml เติมกรด 20 ml และเติมน้ำ กลั่นจนถึงขีดวัดปริมาตร ปิเปตสารนี้ 25 ml นำสารละลายนี้ไปไทเทรตกับ 0.05 mol/dm^3 ของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ใช้ปริมาตร 7.85 และ 7.90 ml

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น



ปริมาตร KMnO_4 ที่ใช้ไทเทรต = $(7.85+7.9)/2 = 7.875 \text{ ml}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ

จำนวนโมล $\text{H}_2\text{O}_2/5 =$ จำนวนโมล $\text{KMnO}_4/2$

$$(\text{ปริมาตร } \text{H}_2\text{O}_2/5) \times [\text{H}_2\text{O}_2] = (\text{ปริมาตร } \text{KMnO}_4 \text{ ที่ใช้ไทเทรต}/2) \times [\text{KMnO}_4]$$

$$(25/5) \times [\text{H}_2\text{O}_2] = (7.875/2) \times 0.5$$

$$[\text{H}_2\text{O}_2] = 0.39375 \text{ mol/dm}^3$$

ดวงจากสารที่เตรียมเจือจาง 25 เท่า ดังนั้น

$$[\text{H}_2\text{O}_2] = 0.39375 \times 25 = 9.84375 \text{ mol/dm}^3$$

การแปลงหน่วยความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก โดยปริมาตรเป็น mol/dm^3

ตัวอย่างการคำนวณ

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30%vol ความหนาแน่น 1.122 g/ml น้ำหนักโมเลกุล 34.015 g/mol

ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ = $(30/100) \times 1000 \times (1.122/34.015)$

$$= 9.8956 \text{ mol/dm}^3$$

วิธีเตรียมความเข้มข้นสารละลายกรด

สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 mol/dm^3
2. ฟีนอล์ฟทาลีน อินดิเคเตอร์

วิธีการหาความเข้มข้น

1. ปิเปตสารละลายกรด 10 ml ใส่ขวดรูปชมพู่ เติมฟีนอล์ฟทาลีน อินดิเคเตอร์
2. ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 mol/dm^3 จนถึงจุดยุติเป็นสีชมพูถาวร
3. ทำการไทเทรตซ้ำอีกครั้ง ตามข้อ 1-2
4. ทำการจดบันทึก แล้วนำมาคำนวณความเข้มข้นสารละลายกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณ

ปิเปตตัวอย่างสารละลายกรดแอซติก 10 ml นำสารละลายนี้ไปไทเทรตกับ 5 mol/dm^3 ของโซเดียม

ไฮดรอกไซด์ ใช้ปริมาตร 20.0 และ 20.1 ml จงหาความเข้มข้น

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น



ปริมาตร NaOH ที่ใช้ไทเทรต = $(20.0+20.1) = 20.05 \text{ ml}$

จากสมการ

$$\begin{aligned} \text{จำนวนโมล NaOH} &= \text{จำนวนโมล CH}_3\text{COOH} \\ (\text{ปริมาตร NaOH ที่ใช้ไทเทรต}) \times [\text{NaOH}] &= (\text{ปริมาตร CH}_3\text{COOH}) \times [\text{CH}_3\text{COOH}] \\ (20.05) \times 5 &= (10.0) \times [\text{CH}_3\text{COOH}] \\ [\text{CH}_3\text{COOH}] &= 10.025 \text{ mol/dm}^3 \end{aligned}$$

หมายเหตุ สามารถหาความเข้มข้นสารละลายกรดฟอร์มิก(HCOOH) ได้ในทำนองเดียวกัน

3.3.2 การกำจัดกัมมันต์จากน้ำมันดีเซลด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน

1. ตั้งอุปกรณ์ชุดทดลอง ซึ่งประกอบด้วยขวดก้นกลมสามคอที่ต่อเข้ากับชุดปั่นกวนเชิงกลเทอร์โมมิเตอร์ และเครื่องควบคุม โดยจุ่มขวดก้นกลมสามคอลงในน้ำมันพาราฟินที่บรรจุอยู่ในอ่างดังรูป



รูปที่ 3.1 การตั้งอุปกรณ์ชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตวงน้ำมันดีเซล 300 ml ใส่ขวดก้นกลมสามคอ ต่อเข้ากับชุดทดลอง ทำการให้ความร้อน
3. เตรียมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 40 ml และสารละลายกรดซึ่งเป็นตัวทำละลาย 40 ml ผสมกันลงในบีกเกอร์
4. เมื่ออุณหภูมิของน้ำมันดีเซลถึง 60°C เติมสารละลายที่เตรียมไว้ลงในขวดก้นกลมสามคอ เริ่มทำการปั่นกวนที่ความเร็ว 500 rpm และจับเวลา (ต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 60°C ตลอดการทดลอง)
5. เมื่อครบกำหนดเวลาของปฏิกิริยาแล้ว นำขวดก้นกลมสามคอมาทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิห้อง
6. จากนั้นเทสารละลายจากขวดก้นกลมสามคอลงในกรวยแยก ตั้งกรวยแยกทิ้งไว้จนสารละลายแยกชั้น ใสสารละลายส่วนล่างเก็บไว้ในขวดสีชา ส่วนสารละลายชั้นบนคือน้ำมันดีเซลที่ผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้วซึ่งยังเก็บไว้ในกรวยแยก
7. ปรับ pH สารละลายในกรวยแยกให้เป็นกลาง ด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 1 mol/dm^3 (เพื่อสะเทินกรดที่ปะปนกับน้ำมันดีเซล) ลงไปแล้วเขย่าจนได้สารละลายเป็นกลาง โดยตรวจวัดด้วยกระดาษ universal indicator ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน จะเกิดการตกตะกอนขาวแยกชั้นออกมา ใสตะกอน และสารละลายส่วนล่างทิ้งไป
8. เติมเมทานอล 100 ml ลงในกรวยแยก เขย่าแล้วทิ้งให้แยกชั้น
9. ใสสารละลายส่วนล่างซึ่งเป็นชั้นน้ำมันลงในบีกเกอร์ และนำสารละลายชั้นบนซึ่งเป็นชั้นเมทานอลเก็บไว้ในขวดสีชา
10. นำชั้นน้ำมันในบีกเกอร์มาเติมเมกนีเซียมซัลเฟตปราศจากน้ำลงไป 3 กรัม ไข่แห้งแก้วคน แล้วปิดด้วยกระดาษฟอยล์ ทิ้งไว้ 1 คืน (เพื่อดูค่าน้ำที่ปะปนมากับน้ำมันดีเซลที่ผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชัน)
11. นำชั้นน้ำมันในบีกเกอร์มากรองแยกเมกนีเซียมซัลเฟตออกไป แล้วเทน้ำมันที่ได้ลงในขวดสีชาปิดปากขวดด้วยฟอยล์เก็บไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว

น้ำมันดีเซลก่อนและหลังผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชัน จะถูกนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ดังตารางที่ 3.1

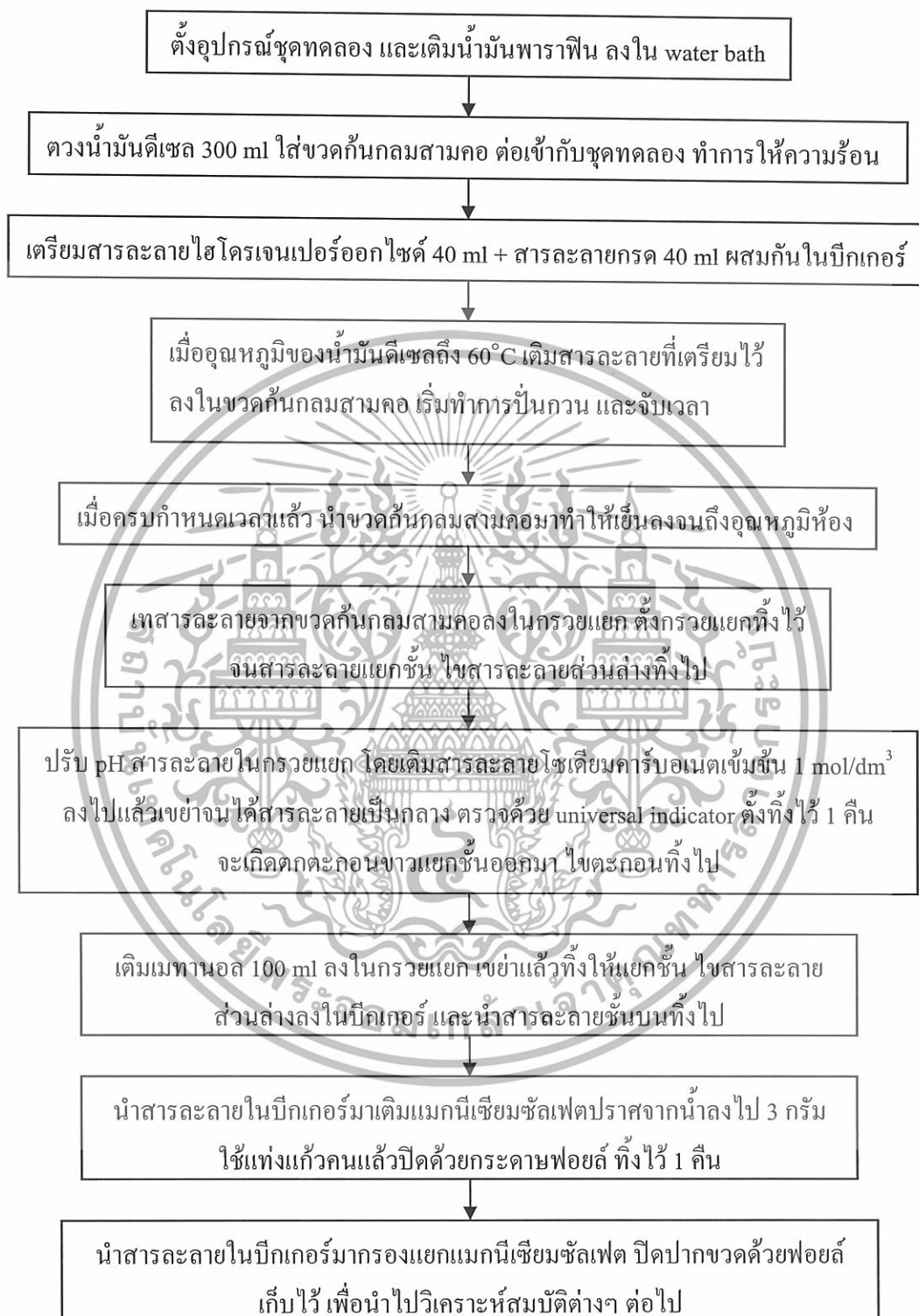
ตารางที่ 3.1 สมบัติและเครื่องมือที่ใช้ทำการทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน

สมบัติที่ทดสอบ	วิธีทดสอบ	เครื่องมือทดสอบ
ปริมาณกำมะถัน	ASTM D4294	X-Ray Fluorescence Spectrophotometer
ค่าความร้อน	ASTM D240	Bomb Calorimeter
การพิสูจน์เอกลักษณ์ทางเคมี	-	Fourier-Transform Infrared Spectrophotometer (FT/IR)

แผนภาพขั้นตอนการทดลองแสดงในรูปที่ 3.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แผนภาพขั้นตอนการทดลองการกำจัดกำมะถันจากน้ำมันดีเซลด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ปัจจัยที่ทำการศึกษา

3.4.1 ผลของชนิดสารละลายกรดที่เป็นตัวทำละลาย

การทดลองนี้ใช้กรดที่เป็นตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ กรดแอซติก และกรดฟอร์มิก โดยทำการทดลองทั้งหมด 2 ชุด ในแต่ละชุด ศึกษาผลของความเข้มข้น H_2O_2 ความเข้มข้นสารละลายกรดที่เป็นตัวทำละลาย และเวลา จะได้รับการทดลองชุดละ 12 การทดลอง โดย

ชุดที่ 1 กรดที่เป็นตัวทำละลาย คือ กรดแอซติก (acetic acid , CH_3COOH)

ชุดที่ 2 กรดที่เป็นตัวทำละลาย คือ กรดฟอร์มิก (formic acid , $HCOOH$)

3.4.2 ผลของความเข้มข้น H_2O_2

ตารางที่ 3.2 สภาวะการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้น H_2O_2

สภาวะที่ทำการทดลอง	การทดลอง ที่ 1	การทดลอง ที่ 2	การทดลอง ที่ 3	การทดลอง ที่ 4
ปริมาตรน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (ml)	300	300	300	300
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลาย H_2O_2 (%vol)	5	10	20	30
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายกรด ที่เป็นตัวทำละลาย (mol/dm^3)	10	10	10	10
อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา ($^{\circ}C$)	60	60	60	60
เวลาในการทำปฏิกิริยา (นาที)	60	60	60	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 ผลของความเข้มข้นสารละลายกรดที่เป็นตัวทำละลาย

ตารางที่ 3.3 สภาวะการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นสารละลายกรดที่เป็นตัวทำละลาย

สภาวะที่ทำการทดลอง	การทดลอง ที่ 1	การทดลอง ที่ 2	การทดลอง ที่ 3	การทดลอง ที่ 4
ปริมาตรน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (ml)	300	300	300	300
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลาย H ₂ O ₂ (%vol)	30	30	30	30
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายกรด ที่เป็นตัวทำละลาย (mol/dm ³)	5	10	15	17
อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา (°C)	60	60	60	60
เวลาในการทำปฏิกิริยา (นาที)	60	60	60	60

3.4.4 ผลของเวลาที่มีต่อปฏิกิริยา

ตารางที่ 3.4 สภาวะการทดลองเพื่อศึกษาผลของเวลาที่มีต่อปฏิกิริยา

สภาวะที่ทำการทดลอง	การทดลอง ที่ 1	การทดลอง ที่ 2	การทดลอง ที่ 3	การทดลอง ที่ 4
ปริมาตรน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (ml)	300	300	300	300
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลาย H ₂ O ₂ (%vol)	30	30	30	30
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายกรด ที่เป็นตัวทำละลาย (mol/dm ³)	10	10	10	10
อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา (°C)	60	60	60	60
เวลาในการทำปฏิกิริยา (นาที)	30	60	90	120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการกำจัดกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นตัวออกซิแดนท์ และใช้สารละลายกรดเป็นตัวทำละลาย โดยศึกษาถึงตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อปริมาณกำมะถันที่ถูกกำจัด และค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วซึ่งได้แก่ ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้นของสารละลายกรดที่เป็นตัวทำละลาย เวลาของปฏิกิริยา และชนิดของตัวทำละลาย หลังจากนั้นจะทำการพิสูจน์เอกลักษณ์ของน้ำมันดีเซลที่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน และก่อนการกำจัดกำมะถัน โดยเทคนิคทางสเปกโตรสโคปี

4.1 ผลของตัวแปรที่มีต่อการกำจัดกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว และค่าความร้อน

น้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ยังไม่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถันจากบริษัท บางจาก จำกัด (มหาชน) จะถูกตรวจวัดปริมาณกำมะถันด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrophotometer และวัดค่าความร้อนด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter ดังแสดงผลการตรวจวัดในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณกำมะถันในน้ำมันและปริมาณความร้อนของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ยังไม่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน

คุณสมบัติที่ตรวจวัด	น้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ยังไม่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน จากบริษัทบางจาก
ปริมาณกำมะถันในน้ำมัน (%wt)	0.5919
ปริมาณความร้อน (cal/g)	10727.43

โดยจะทำการเปรียบเทียบผลปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ยังไม่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน กับผลปริมาณกำมะถันที่เหลืออยู่ในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ผ่านกระบวนการกำจัด กำมะถันที่ได้จากการทดลอง แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ปริมาณกำมะถันที่ถูกกำจัดและทำการเปรียบเทียบผลปริมาณความร้อนของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ยังไม่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน กับผลปริมาณกำมะถันที่เหลืออยู่ในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถันที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 ผลของความเข้มข้นสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

อิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อการกำจัดกำมะถันในน้ำมัน ดีเซลหมุนเร็วและค่าความร้อน โดยใช้ตัวทำละลายกรดฟอร์มิกและกรดแอซิดิก แสดงในตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ และแสดงผลการเปรียบเทียบโดยใช้รูปที่ 4.1 – 4.3

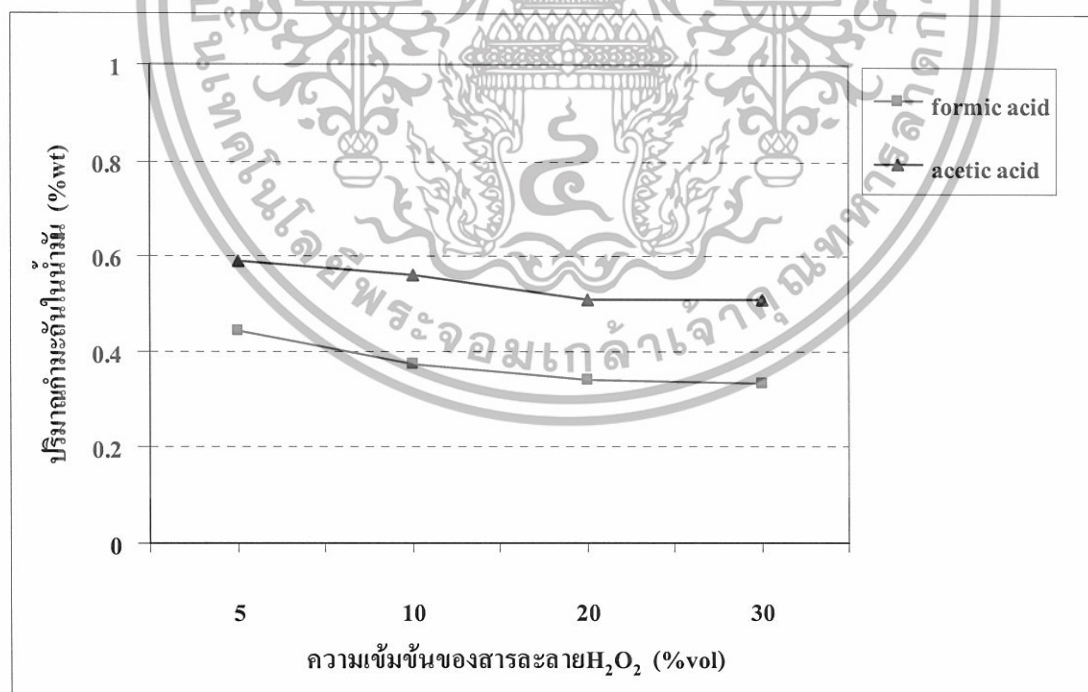
ตารางที่ 4.2 ปริมาณกำมะถันในน้ำมันและค่าความร้อนโดยศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้น H_2O_2 และใช้กรดฟอร์มิกเป็นตัวทำละลาย

สถานะที่ทำการทดลอง	การทดลอง	การทดลอง	การทดลอง	การทดลอง
	ที่ 1	ที่ 2	ที่ 3	ที่ 4
ปริมาตรน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (ml)	300	300	300	300
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (%vol)	5	10	20	30
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายกรดฟอร์มิก (mol/dm^3)	10	10	10	10
อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา ($^{\circ}C$)	60	60	60	60
เวลาในการทำปฏิกิริยา (นาที)	60	60	60	60
ปริมาณกำมะถันในน้ำมัน (%wt)	0.4428	0.3740	0.3417	0.3322
ค่าความร้อน (cal/g)	10776.99	10747.78	10811.84	10836.68
ปริมาณกำมะถันที่ถูกกำจัด (%)	25.19	36.81	42.27	43.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

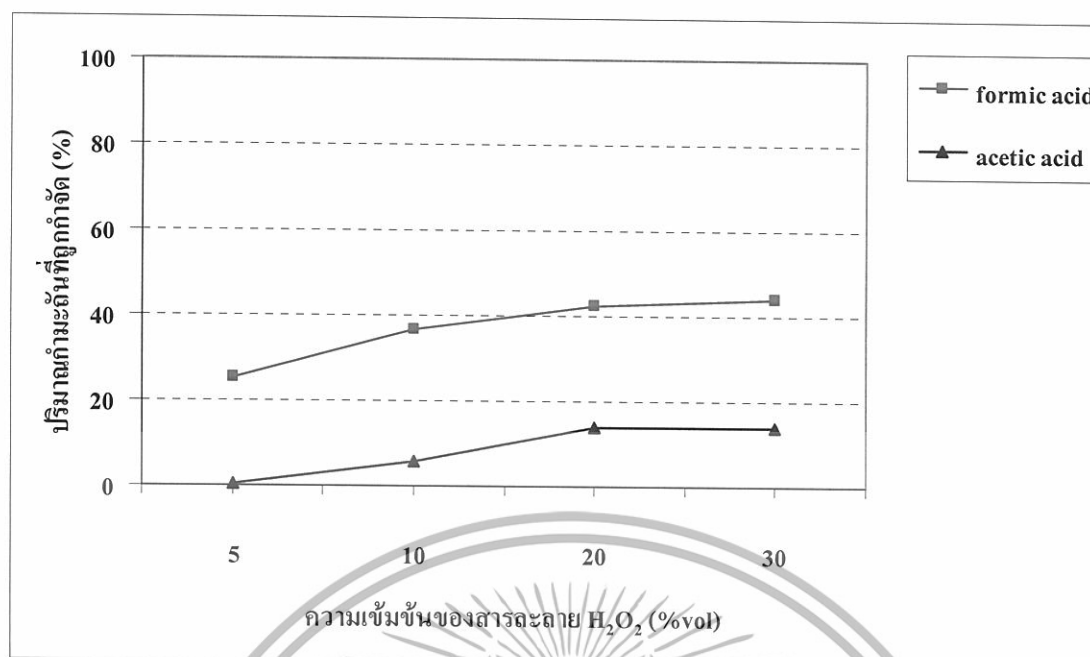
ตารางที่ 4.3 ปริมาณกำมะถันในน้ำมันและค่าความร้อนโดยศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้น H_2O_2 และใช้สารละลายกรดแอซิดิกเป็นตัวทำละลาย

สภาวะที่ทำการทดลอง	การทดลอง ที่ 1	การทดลอง ที่ 2	การทดลอง ที่ 3	การทดลอง ที่ 4
ปริมาตรน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (ml)	300	300	300	300
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (%vol)	5	10	20	30
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายกรดแอซิดิก (mol/dm^3)	10	10	10	10
อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา ($^{\circ}C$)	60	60	60	60
เวลาในการทำปฏิกิริยา (นาที)	60	60	60	60
ปริมาณกำมะถันในน้ำมัน (%wt)	0.5889	0.5591	0.5092	0.5088
ค่าความร้อน (cal/g)	10725.97	10783.68	10804.29	10824.50
ปริมาณกำมะถันที่ถูกกำจัด (%)	0.51	5.54	13.97	14.04



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของความเข้มข้น H_2O_2 โดยใช้สารละลายกรดเป็นตัวทำละลายกับปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของความเข้มข้น H_2O_2 โดยใช้สารละลายกรดเป็นตัวทำละลาย กับเปอร์เซ็นต์กำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ถูกกำจัด

จากรูปที่ 4.1 พบว่าเมื่อความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 5% เป็น 30% โดยปริมาตร สำหรับการใส่สารละลายกรดฟอร์มิกเป็นตัวทำละลาย สามารถลดปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วจาก 0.4428% เป็น 0.3322% ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกำมะถันที่ถูกกำจัดจาก 25.19% เป็น 43.88% ดังรูปที่ 4.2

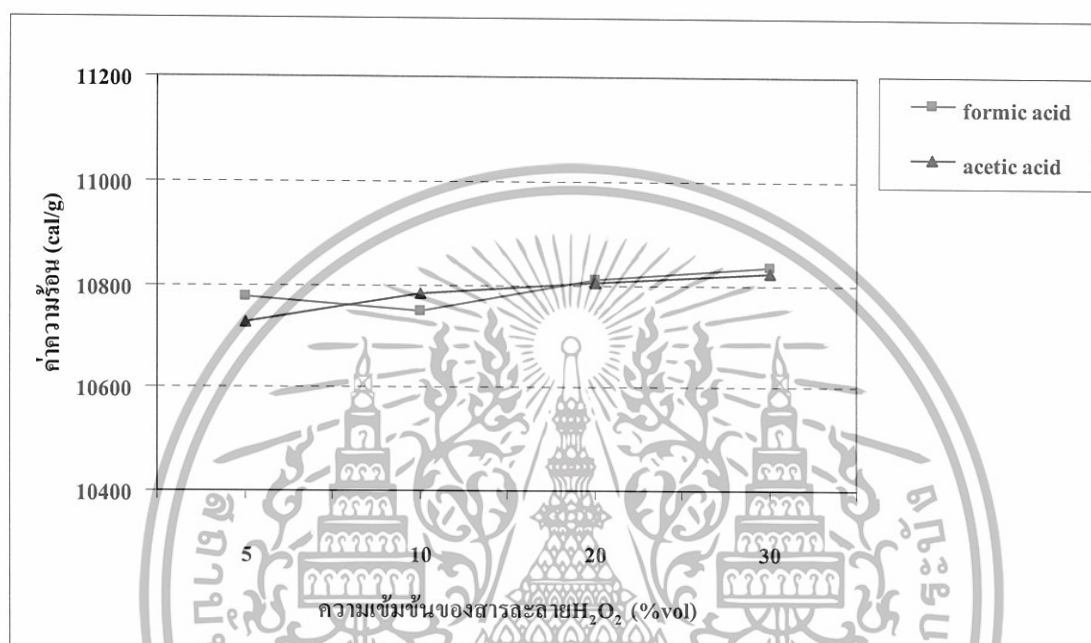
สำหรับการใส่สารละลายกรดแอสติกเป็นตัวทำละลาย สามารถลดปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วจาก 0.5889% เป็น 0.5088% ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกำมะถันที่ถูกกำจัดจาก 0.51% เป็น 14.04% ดังรูปที่ 4.2

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะเข้าไปสร้างพันธะไฮโดรเจนกับกรดฟอร์มิกและแอสติก จากนั้นสารประกอบซัลไฟด์ที่อยู่ในน้ำมันดีเซล จะเข้าไปทำปฏิกิริยาที่ออกซิเจนของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้น ได้เป็นสารประกอบซัลโฟน ซึ่งเป็นสารที่มีขั้วสูง สารประกอบซัลโฟนที่เกิดขึ้นจะถูกสกัดออกจากน้ำมันดีเซลด้วยเมทานอล ซึ่งจัดว่าเป็นสารที่มีขั้วสูงเช่นกัน

เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะทำให้มีปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากขึ้นที่จะเกิดพันธะไฮโดรเจนกับตัวทำละลายที่เป็นกรด ดังนั้นสารประกอบซัลไฟด์จะสามารถเข้าทำและเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้มากขึ้นเช่นกัน ด้วยเหตุนี้ปริมาณกำมะถันที่ถูกกำจัดออกไปจึงมากขึ้นตามความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จากผลการทดลองที่ความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 20% และ 30% โดยปริมาตร ปริมาณกำมะถันที่กำจัดออกไปได้เริ่มจะคงที่หรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในตัวทำละลายกรดฟอร์มิก และกรดแอซิติก เนื่องจากปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ 20% มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะทำปฏิกิริยา (จุด optimum) แต่ในการทดลองเลือกใช้สถานะความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30% โดยปริมาตร เนื่องจากเป็นเกรดที่หาได้ง่ายทางการค้า



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของ ความเข้มข้น H_2O_2 โดยใช้สารละลายกรดเป็นตัวทำละลายกับค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าแนวโน้มของค่าความร้อนจะสูงขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เนื่องจากกำมะถันถูกกำจัดออกจากน้ำมันดีเซลได้มากขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ในน้ำมันดีเซลประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน กำมะถัน ไนโตรเจนและอื่นๆ เมื่อกำมะถันถูกกำจัดออกไป จะทำให้มีสัดส่วนองค์ประกอบของธาตุคาร์บอนมากขึ้น ดังนั้นเมื่อน้ำมันดีเซลเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้กับกับก๊าซออกซิเจน คาร์บอนก็จะเผาไหม้กับก๊าซออกซิเจนได้มากขึ้น และคายความร้อนออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลของความเข้มข้นสารละลายกรดที่เป็นตัวทำละลาย

อิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายกรดที่มีผลต่อการกำจัดกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว และค่าความร้อน โดยใช้ตัวทำละลายกรดฟอร์มิกและกรดแอซติก แสดงในตารางที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ และแสดงผลการเปรียบเทียบโดยใช้รูปที่ 4.4 – 4.6

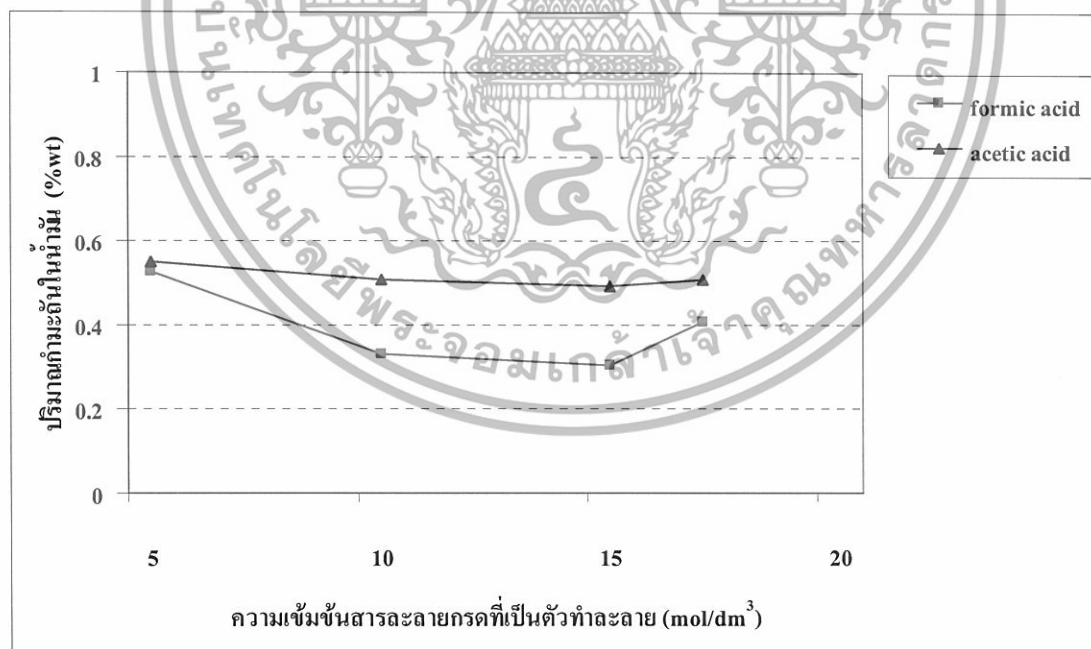
ตารางที่ 4.4 ปริมาณกำมะถันในน้ำมันและค่าความร้อน โดยศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายกรดฟอร์มิก

สภาวะที่ทำการทดลอง	การทดลอง			
	ที่ 1	ที่ 2	ที่ 3	ที่ 4
ปริมาตรน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (ml)	300	300	300	300
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (%vol)	30	30	30	30
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายกรดฟอร์มิก (mol/dm^3)	5	10	15	17
อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา ($^{\circ}\text{C}$)	60	60	60	60
เวลาในการทำปฏิกิริยา (นาที)	60	60	60	60
ปริมาณกำมะถันในน้ำมัน (%wt)	0.5254	0.3322	0.3024	0.4088
ค่าความร้อน (cal/g)	10784.21	10836.68	10894.64	10804.64
ปริมาณกำมะถันที่ถูกกำจัด (%)	11.24	43.88	48.91	30.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

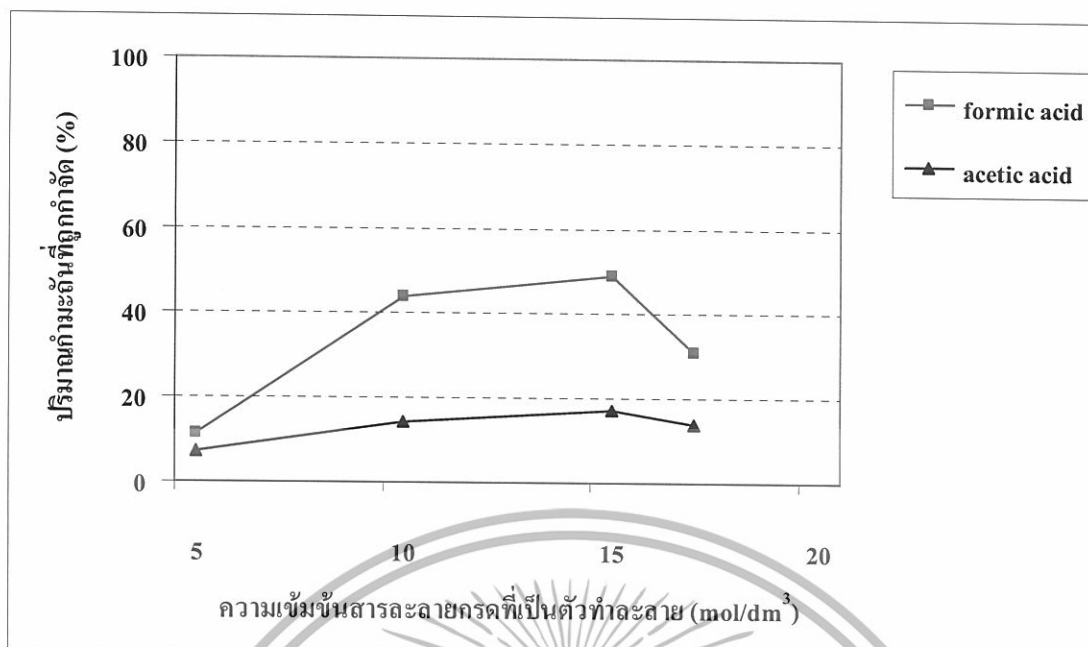
ตารางที่ 4.5 ปริมาณกำมะถันในน้ำมันและค่าความร้อน โดยศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายกรดแอซิดิก

สถานะที่ทำการทดลอง	การทดลอง ที่ 1	การทดลอง ที่ 2	การทดลอง ที่ 3	การทดลอง ที่ 4
ปริมาตรน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (ml)	300	300	300	300
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (%vol)	30	30	30	30
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายกรดแอซิดิก (mol/dm^3)	5	10	15	17
อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา ($^{\circ}\text{C}$)	60	60	60	60
เวลาในการทำปฏิกิริยา (นาที)	60	60	60	60
ปริมาณกำมะถันในน้ำมัน (%wt)	0.5491	0.5088	0.4914	0.5091
ค่าความร้อน (cal/g)	10780.81	10824.50	10852.28	10816.68
ปริมาณกำมะถันที่ถูกกำจัด (%)	7.23	14.04	16.98	13.99



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของความเข้มข้นสารละลายที่เป็นตัวทำละลายกับปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของ ความเข้มข้นสารละลายกรดที่เป็นตัวทำละลายกับเปอร์เซ็นต์กำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ถูกกำจัด

จากรูปที่ 4.4 และ 4.5 พบว่ากำมะถันถูกกำจัดออกจากน้ำมันได้มากขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดจนถึงระดับหนึ่งที่กรดมีปริมาณเท่ากับ หรือมากกว่าปริมาณ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เล็กน้อย (สารละลายกรดจะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เพื่อให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เกิดปฏิกิริยากับสารประกอบกำมะถันได้ดีขึ้น)

โดยจากรูปที่ 4.4 สำหรับการใส่สารละลายกรดฟอร์มิคเป็นตัวทำละลาย พบว่าในช่วงความเข้มข้นของกรด 5 - 10 mol/dm³ จะสามารถลดปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลได้ต่างกันมากจาก 0.5254% เป็น 0.3322 % ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกำมะถัน ที่ถูกกำจัดจาก 11.24% เป็น 43.88% ดังรูปที่ 4.5 แต่หลังจากนั้น เมื่อความเข้มข้นของกรดแอซิดิกเพิ่มขึ้นเป็น 15 และ 17 mol/dm³ พบว่าปริมาณกำมะถันที่ถูกกำจัดออกไปเริ่มคงที่

สำหรับการใส่ละลายกรดแอซิดิกเป็นตัวทำละลาย พบว่าในช่วงความเข้มข้นของกรด 5 - 10 mol/dm³ สามารถลดปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลจาก 0.5491% เป็น 0.5088% ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกำมะถันที่ถูกกำจัดจาก 7.23% เป็น 14.04% ดังรูปที่ 4.5 เมื่อความเข้มข้นของกรดแอซิดิกเพิ่มขึ้นเป็น 15 และ 17 mol/dm³ พบว่าปริมาณกำมะถันที่ถูกกำจัดออกไปจะเริ่มคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจาก ที่ 10 mol/dm^3 ปริมาณกรดพอดีกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เมื่อความเข้มข้นของสารละลายกรดฟอร์มิกและกรดแอซิติกเป็น 15 mol/dm^3 ปริมาณของกรดมากเกินไปที่จะทำปฏิกิริยากับปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เมื่อเติมปริมาณกรดเพิ่มไปอีกจึงไม่มีผลต่อการกำจัดกัมมะถัน เพราะไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นตัวเข้าทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งใช้ในปริมาณเท่ากันทุกการทดลองของการหาผลของความเข้มข้นสารละลายกรดที่เป็นตัวทำละลาย

การเทียบปริมาณกรดกับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

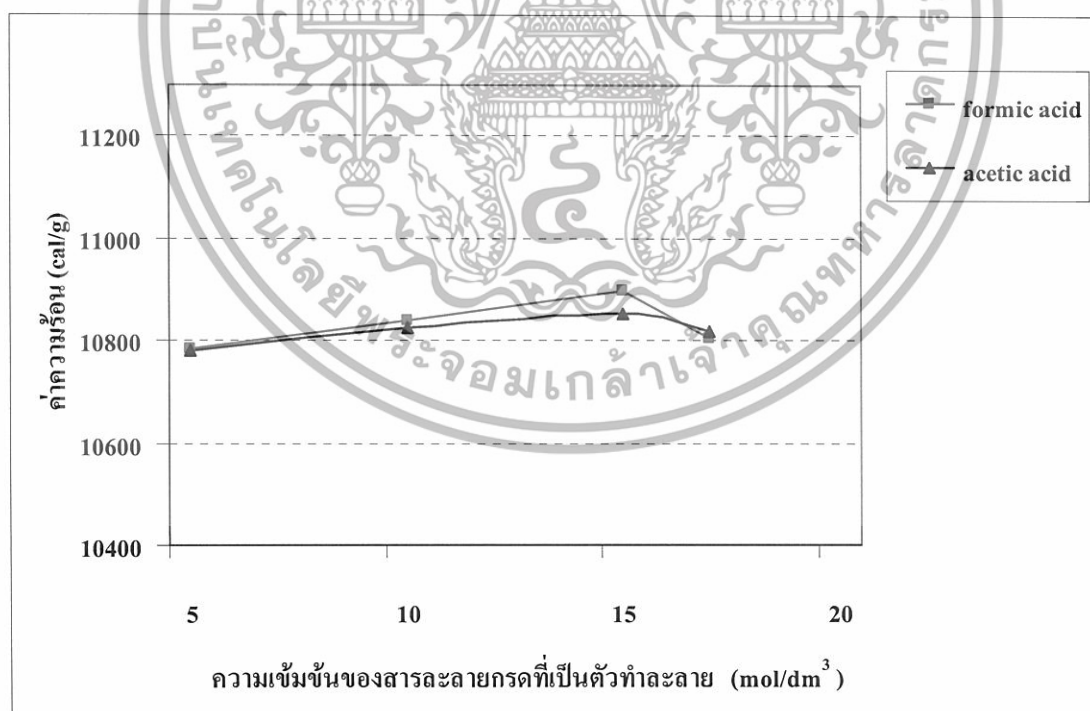
จาก 30% โดยปริมาตร ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 9.8956 mol/dm^3 การทดลองใช้ 40 ml

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้} &= (9.8956/1000) \times 40 \\ &= 0.3958 \text{ mol} \end{aligned}$$

จากกรดเข้มข้น 10 mol/dm^3 การทดลองใช้ 40 ml

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณกรดที่ใช้} &= (10/1000) \times 40 \\ &= 0.4 \text{ mol} \end{aligned}$$

ดังนั้นปริมาณ โมลของกรด และปริมาณ โมลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะพอดีกันที่ 10 mol/dm^3



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของความเข้มข้นสารละลายกรดที่เป็นตัวทำละลายกับค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าค่าความร้อนจะสูงขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารละลายกรดฟอร์-
มิก และกรดแอสติคอยู่ในช่วง 5 - 10 mol/dm³ เนื่องจากช่วงความเข้มข้นนี้ ปริมาณกำมะถันจะ
ถูกกำจัดออกไปได้เพิ่มขึ้น ทำให้ได้ค่าความร้อนมาก ซึ่งส่งผลดีต่อการเผาไหม้ และเมื่อความ
เข้มข้นของสารละลายกรดฟอร์มิกและกรดแอสติคมากกว่า 10 mol/dm³ ค่าความร้อนจะเริ่มคงที่ ดัง
เหตุผลที่อธิบายในรูปที่ 4.4 และ 4.5

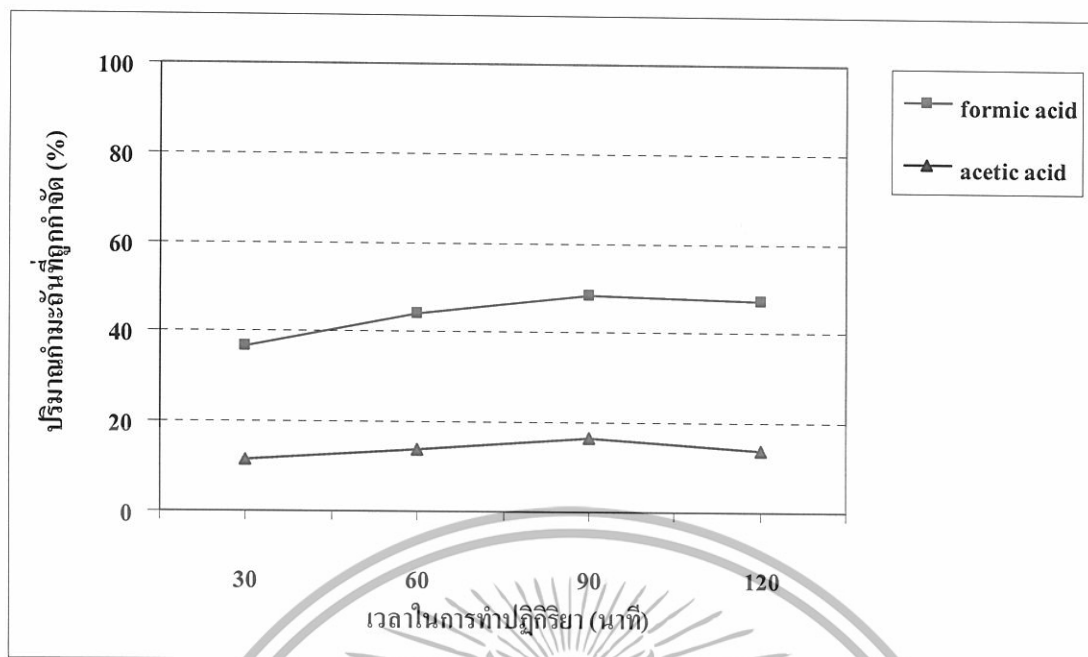
4.1.3 ผลของเวลาที่มีต่อปฏิกิริยา

อิทธิพลของเวลาที่มีผลต่อการกำจัดกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วและค่าความร้อนโดย
ใช้ตัวทำละลายกรดฟอร์มิกและกรดแอสติค แสดงในตารางที่ 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ และแสดงผล
การเปรียบเทียบโดยใช้รูปที่ 4.7 - 4.9

ตารางที่ 4.6 ปริมาณกำมะถันในน้ำมันและค่าความร้อน โดยศึกษาอิทธิพลของเวลาและใช้
สารละลายกรดฟอร์มิกเป็นตัวทำละลาย

สถานะที่ทำการทดลอง	การทดลอง ที่ 1	การทดลอง ที่ 2	การทดลอง ที่ 3	การทดลอง ที่ 4
ปริมาตรน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (ml)	300	300	300	300
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลาย ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (%vol)	30	30	30	30
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลาย กรดฟอร์มิก (mol/dm ³)	10	10	10	10
อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา (°C)	60	60	60	60
เวลาในการทำปฏิกิริยา (นาที)	30	60	90	120
ปริมาณกำมะถันในน้ำมัน (%wt)	0.3739	0.3322	0.3067	0.3122
ค่าความร้อน (cal/g)	10754.23	10836.68	10887.44	10879.51
ปริมาณกำมะถันที่ถูกกำจัด (%)	36.83	43.88	48.19	47.19

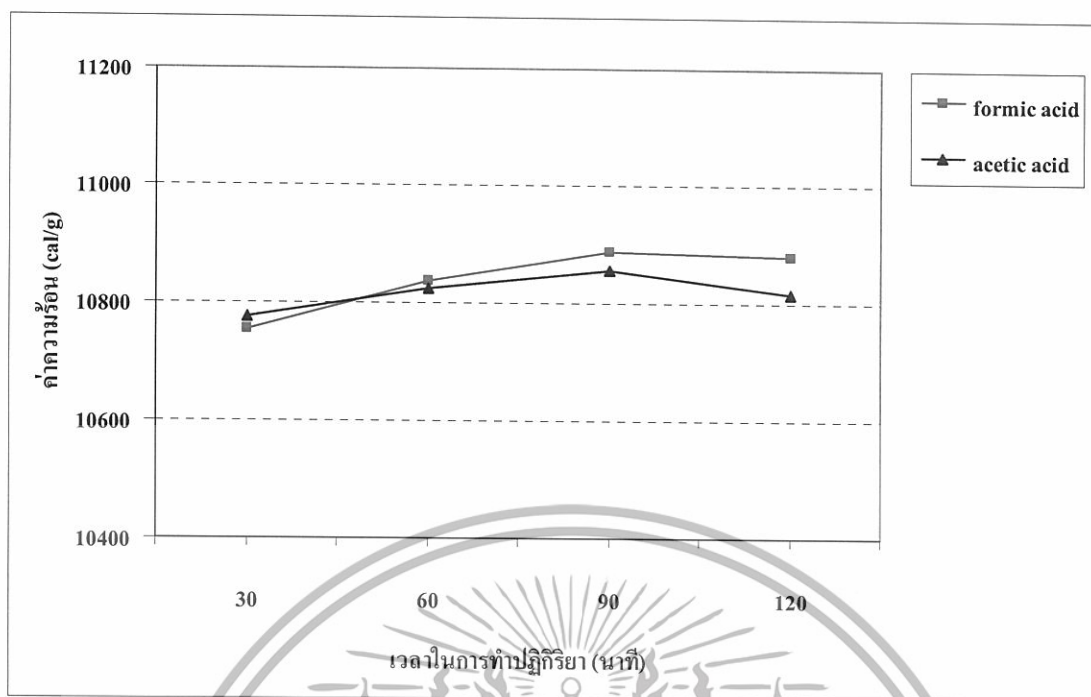
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของเวลากับเปอร์เซ็นต์กำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ถูกกำจัด

จากรูปที่ 4.7 และ 4.8 พบว่ากราฟมีแนวโน้มที่จะคงที่ที่เวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที และที่เวลา 90 นาที ปริมาณกำมะถันจะถูกกำจัดออกไปมากที่สุด โดยตัวทำละลายกรดฟอร์มิก สามารถกำจัดกำมะถันได้ 48.19% และตัวทำละลายกรดแอสติกสามารถกำจัดกำมะถันได้ 16.44% เมื่อเพิ่มเวลาในการทำปฏิกิริยามากกว่า 60 นาที ปริมาณกำมะถันที่กำจัดได้จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และเมื่อมากกว่า 90 นาทีปริมาณกำมะถันที่กำจัดได้จะมีแนวโน้มคงที่ ซึ่งสาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากตอนเริ่มปฏิกิริยา ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีความเข้มข้นอยู่มากก็จะเข้าทำปฏิกิริยากับสารประกอบซัลไฟด์ได้เร็ว แต่เมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะถูกใช้ในการเกิดปฏิกิริยาความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะลดลง อัตราการเข้าทำปฏิกิริยากับสารประกอบซัลไฟด์จะช้าลงด้วย ทำให้เปอร์เซ็นต์การกำจัดกำมะถันมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

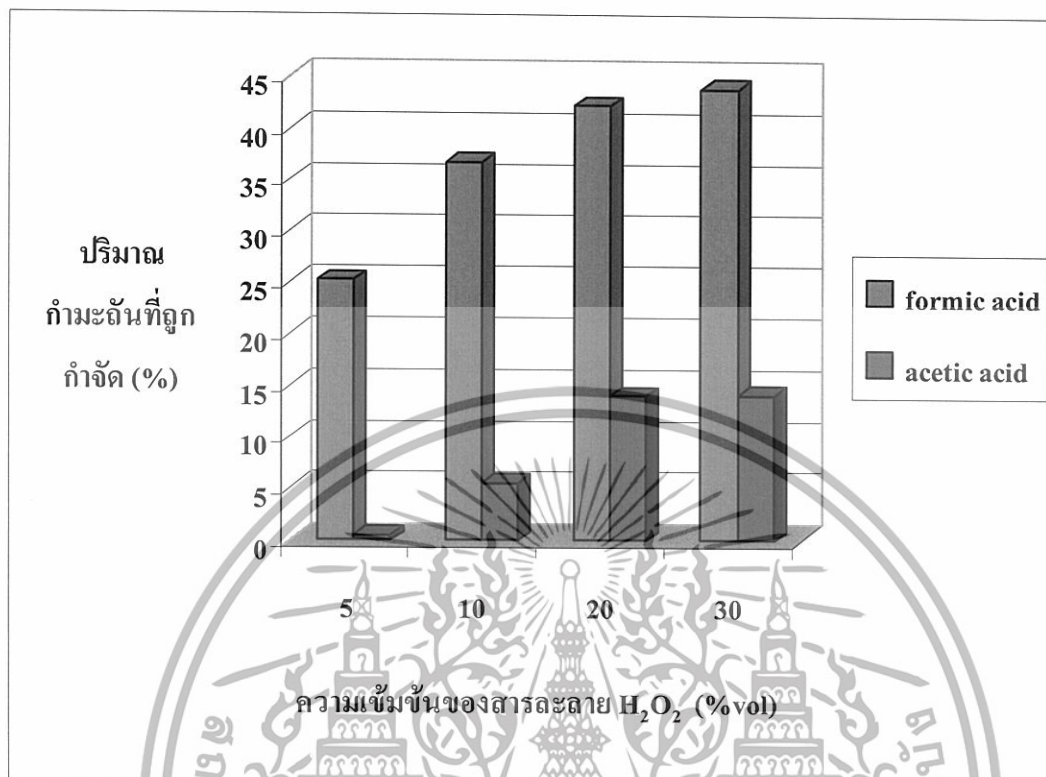
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของเวลากับค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว

จากรูปที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าค่าความร้อนจะสูงขึ้น นับตั้งแต่ช่วงต้นในการเกิดปฏิกิริยาจนถึงเวลา 60 นาที เนื่องจากปริมาณกำมะถันจะถูกกำจัดออกไปได้เพิ่มขึ้น ทำให้ได้ค่าความร้อนมาก ส่งผลดีต่อการเผาไหม้ และค่าความร้อนที่ได้จะเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยที่ 90 นาที ซึ่งเมื่อเวลามากกว่า 90 นาทีปริมาณความร้อนที่ได้มีแนวโน้มที่ค่อนข้างคงที่ เนื่องมาจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาในการกำจัดกำมะถันลดลง ดังเหตุผลที่อธิบายในรูปที่ 4.6 และ 4.7

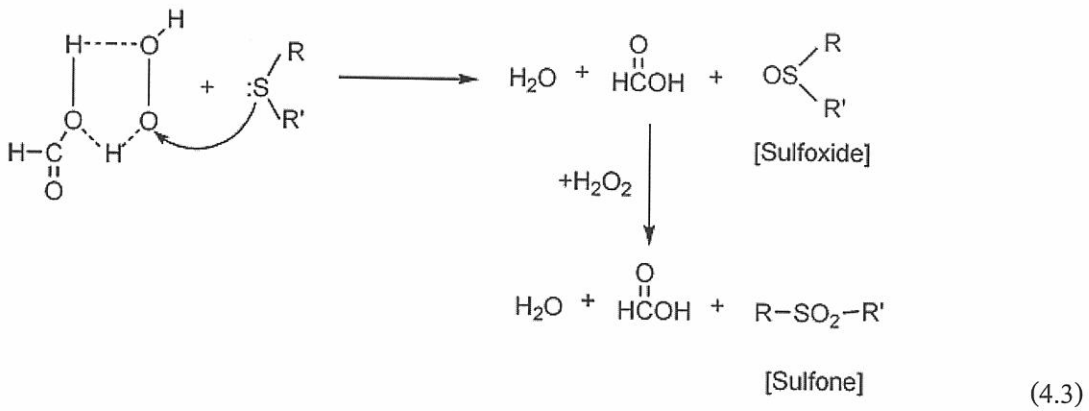
4.1.4 ผลของชนิดกรดที่มีต่อปฏิกิริยา



รูปที่ 4.10 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบความสามารถในการกำจัดกำมะถันเมื่อใช้ตัวทำละลายกรดฟอร์มิกและกรดแอซติก

จากกราฟรูปที่ 4.10 แสดงให้เห็นว่ากรดฟอร์มิกสามารถกำจัดกำมะถันได้ดีกว่ากรดแอซติกในทุกๆ การทดลอง เนื่องจากมีโครงสร้างที่ต่อกับหมู่คาร์บอนิล (C=O) ต่างกัน กรดฟอร์มิกจะมีไฮโดรเจน (H-) ทำให้หมู่คาร์บอนิลของกรดฟอร์มิกสามารถดึงอิเล็กตรอนจากออกซิเจนที่ติดกันได้มาก ออกซิเจนจึงมีอิเล็กตรอนที่จะทำปฏิกิริยาดึงอิเล็กตรอนจากหมู่ไฮดรอกไซด์ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มาก ทำให้ออกซิเจนในหมู่ไฮดรอกไซด์มีพันธะที่อ่อนแอ ส่งผลให้สารประกอบซัลไฟด์จึงเข้าทำปฏิกิริยาได้ง่าย ดังสมการ(4.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

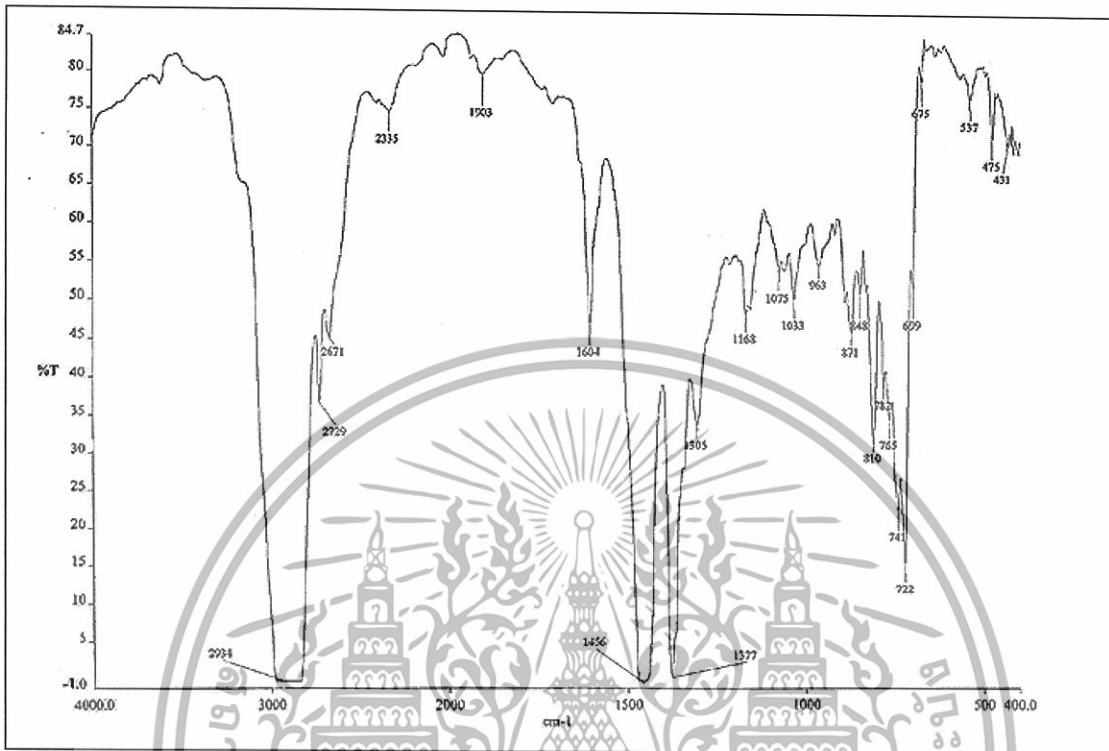


กรดแอซิดิกมีหมู่เมทิล (CH_3 -) ซึ่งเป็นหมู่ที่ให้อิเล็กตรอนได้ดี ทำให้หมู่คาร์บอนิลของกรดแอซิดิกดึงอิเล็กตรอนจากออกซิเจนที่ติดกันน้อย ออกซิเจนจึงมีอิเล็กตรอนที่จะทำปฏิกิริยาดึงอิเล็กตรอนจากหมู่ไฮดรอกซิลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์น้อย ทำให้ออกซิเจนในหมู่ไฮดรอกซิลมีพันธะที่แข็งแรง ส่งผลให้สารประกอบซัลไฟด์สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจนภายในโมเลกุลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้ยาก ดังสมการ (4.4)



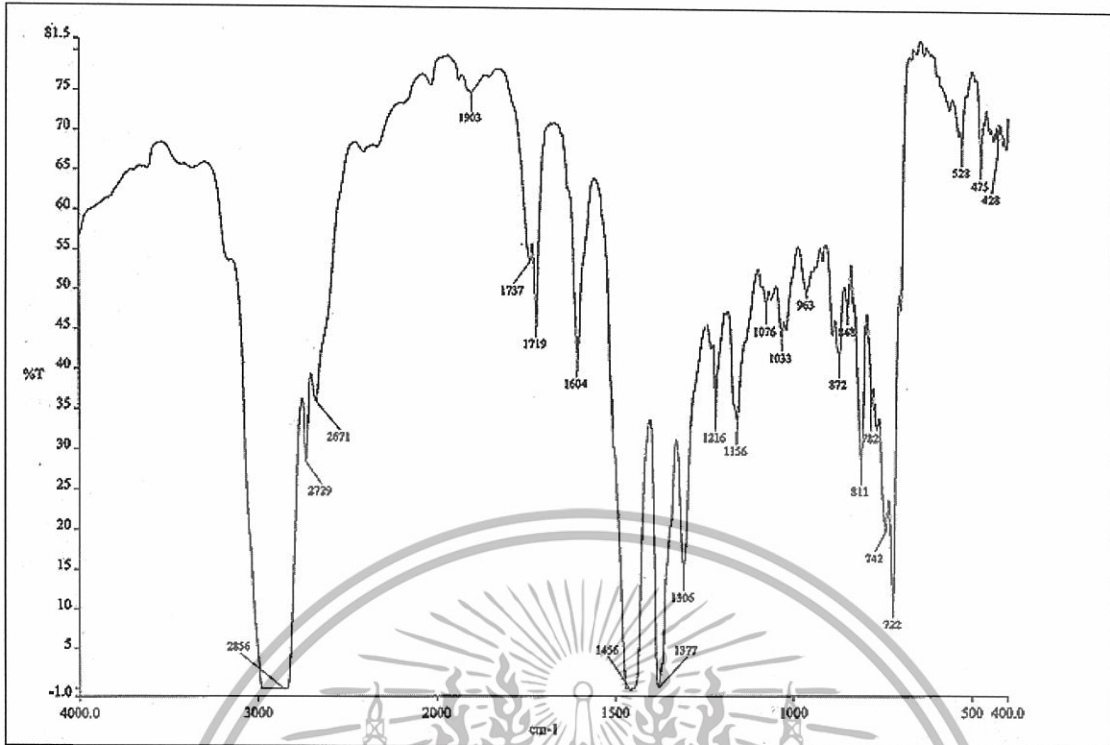
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของน้ำมันดีเซลก่อนและหลังกระบวนการกำจัดกำมะถัน ด้วยเครื่อง Fourier transform Infrared spectroscopy (FTIR)

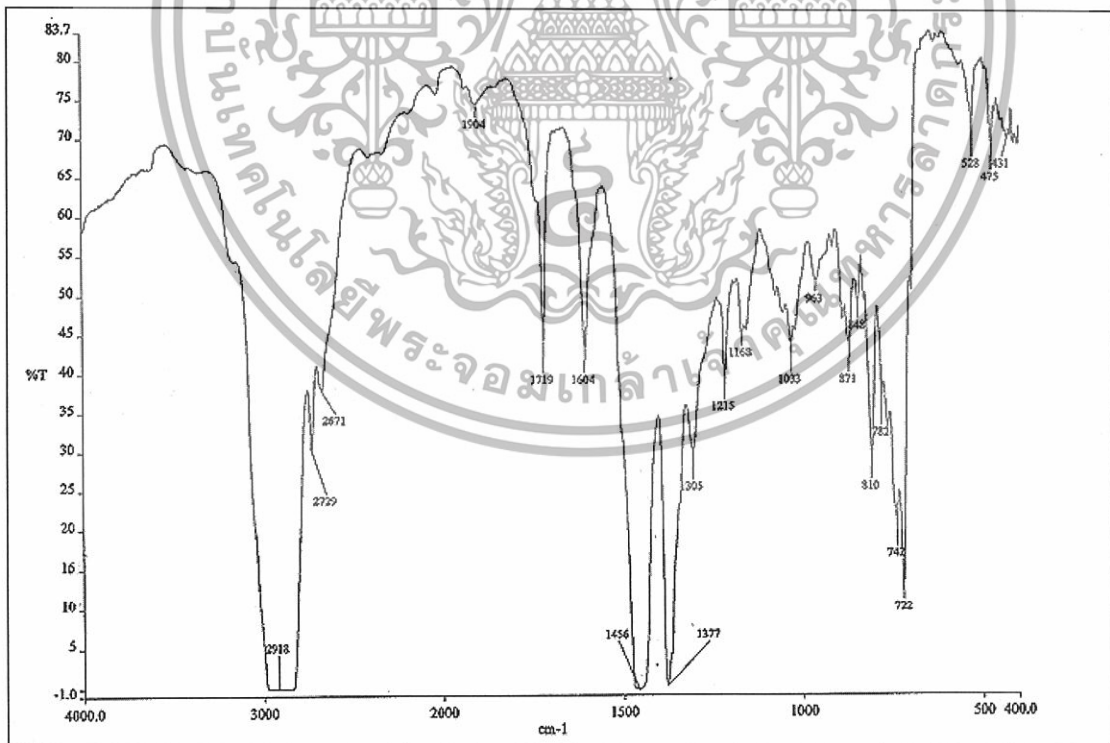


รูปที่ 4.11 กราฟ FTIR ของน้ำมันดีเซลก่อนผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



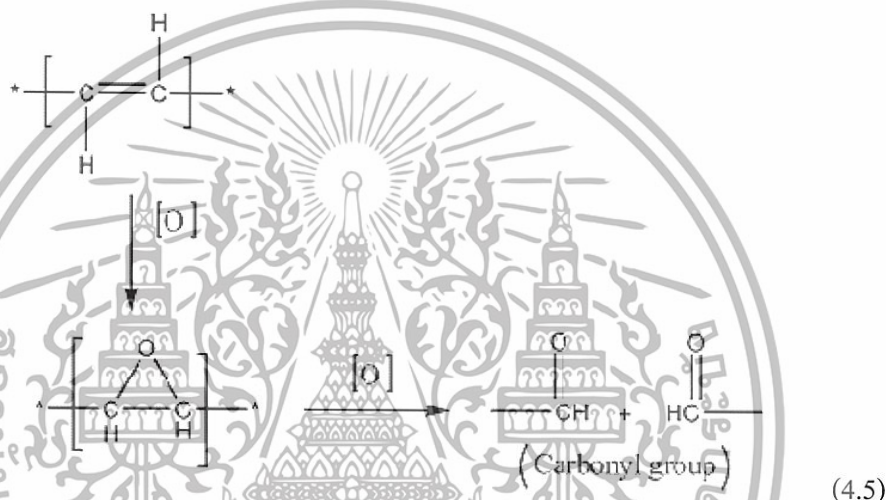
รูปที่ 4.12 กราฟ FTIR ของน้ำมันดีเซลที่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน โดยใช้สารละลายกรดฟอร์มิคเป็นตัวทำละลาย



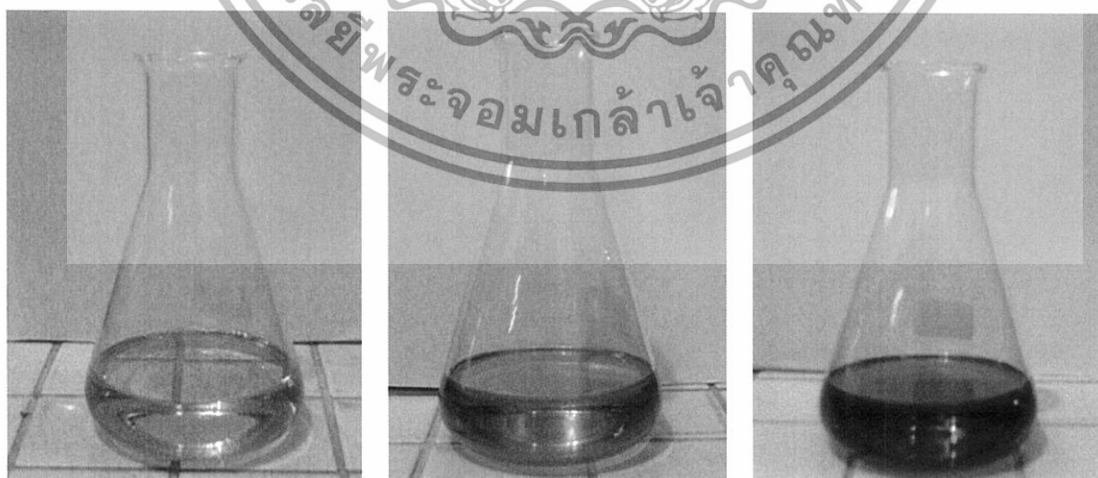
รูปที่ 4.13 กราฟ FTIR ของน้ำมันดีเซลที่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน โดยใช้สารละลายกรดแอซิดิกเป็นตัวทำละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลของการตรวจวัดด้วยเครื่อง Fourier transform Infrared spectroscopy (FTIR) พบว่าหลังจากผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถันแล้ว จะพบพีคของสารประกอบซัลโฟนขึ้นในช่วงความยาวคลื่น 1150 และ 1300 cm^{-1} เนื่องจากสารประกอบซัลไฟด์ที่อยู่ในน้ำมันดีเซลที่ยังไม่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน เมื่อนำไปผ่านกระบวนการจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ขึ้นทำให้สารประกอบซัลไฟด์ถูกเปลี่ยนเป็นสารประกอบซัลโฟน ดังสมการ (4.3) และ (4.4) และจะพบว่าเกิดพีคขึ้นในช่วงความยาวคลื่น 1700 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคของหมู่คาร์บอนิล เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันพันธะคู่ของไฮโดรคาร์บอนในน้ำมันดีเซลเป็นหมู่คาร์บอนิล ($\text{C}=\text{O}$) ดังสมการ (4.5)



หมู่คาร์บอนิลจะทำให้ได้น้ำมันที่ได้มีสีเข้มขึ้น น้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมากจะมีสีเข้มมาก ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 สีของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ยังไม่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน น้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถันโดยใช้กรดแอซิดิกเป็นตัวทำละลาย และน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถันโดยใช้กรดฟอสฟอริกเป็นตัวทำละลาย ตามลำดับจากซ้ายไปขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารของกองส่งเสริมการขนส่งทางบก กรมการขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคม ขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหาและข้อมูลทั้งหมดไว้เป็นประโยชน์ต่อการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากำจัดกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารออกซิแดนท์ และใช้กรดเป็นตัวทำละลาย โดยจากผลการทดลองสามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ผลของตัวแปรที่มีต่อการกำจัดกำมะถันในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วและค่าความร้อน

ผลของความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

เมื่อความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากขึ้นจะทำให้สามารถกำจัดกำมะถันได้มากขึ้น เนื่องจากเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะทำให้มีปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากขึ้นที่จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรเจนกับตัวทำละลายที่เป็นกรด ดังนั้นสารประกอบซัลไฟด์ จะสามารถเข้าทำและเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้มากขึ้นเช่นกัน ด้วยเหตุนี้ปริมาณกำมะถันที่ถูกกำจัดออกไปจึงมากขึ้นตามความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และแนวโน้มของค่าความร้อนจะสูงขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เนื่องจากกำมะถันถูกกำจัดออกจากน้ำมันดีเซลได้มากขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ในน้ำมันดีเซลประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน กำมะถัน ไนโตรเจน และอื่นๆ เมื่อกำมะถันถูกกำจัดออกไปจะทำให้มีสัดส่วนองค์ประกอบของธาตุคาร์บอนมากขึ้น ดังนั้นเมื่อน้ำมันดีเซลเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้กับกับก๊าซออกซิเจน คาร์บอนก็จะเผาไหม้กับก๊าซออกซิเจนได้มากขึ้น และคายความร้อนออกมา

ผลของความเข้มข้นสารละลายกรดที่เป็นตัวทำละลาย

กำมะถันถูกกำจัดออกจากน้ำมันได้มากขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดจนถึงระดับหนึ่งที่กรดมีปริมาณเท่ากับหรือมากกว่าปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เล็กน้อย (สารละลายกรดจะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เพื่อให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เกิดปฏิกิริยากับสารประกอบกำมะถันได้ดีขึ้น) แต่ปริมาณกำมะถันที่ถูกกำจัดออกจะเริ่มคงที่เมื่อใช้สารละลายกรดที่มากเกินไป เนื่องจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นตัวเข้าทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งใช้ในปริมาณเท่ากันทุกการทดลองของการหาผลของความเข้มข้นสารละลายกรดที่เป็นตัวทำละลาย จึงทำให้สารละลายกรดไม่มีผลต่อปฏิกิริยาเมื่อใช้ในปริมาณที่มากเกินไป และค่าความร้อนจะสูงขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารละลายกรดฟอร์มิคและกรดแอสติคอยู่ในช่วง 5 - 10 mol/dm³ เนื่องมาจากช่วงความเข้มข้นนี้ปริมาณกำมะถันจะถูกกำจัดออกไปได้เพิ่มขึ้น ทำให้ได้ค่าความร้อนมาก ซึ่งส่งผลดีต่อการเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของเวลาที่มีต่อปฏิกิริยา

เมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้น ทำให้กำจัดกำมะถันได้มากขึ้น แต่เมื่อถึงจุดหนึ่ง ปริมาณกำมะถันที่กำจัดได้มีแนวโน้มคงที่ ซึ่งสาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากตอนเริ่มปฏิกิริยา ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีความเข้มข้นอยู่มากก็จะเข้าทำปฏิกิริยากับสารประกอบซัลไฟด์ได้มาก แต่เมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะถูกใช้ในการเกิดปฏิกิริยา ความเข้มข้นของ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะลดลง การเข้าทำปฏิกิริยากับสารประกอบซัลไฟด์จะช้าลงด้วย ทำให้ เปอร์เซนต์การกำจัดกำมะถันเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และค่าความร้อนจะสูงขึ้น เมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานานขึ้น แต่เมื่อใช้เวลาที่นานจนถึงจุดหนึ่ง ปริมาณความร้อนที่ได้มีแนวโน้มที่ค่อนข้างคงที่ เนื่องมาจากปริมาณกำมะถันที่ถูกกำจัดออกไปมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง

ผลของชนิดกรดที่มีต่อปฏิกิริยา

กรดฟอร์มิคสามารถกำจัดกำมะถันได้ดีกว่ากรดแอซิดิกในทุกๆ การทดลองเนื่องจากมี โครงสร้างที่ต่อกับหมู่คาร์บอนิล (C=O) ต่างกัน กรดฟอร์มิคจะมีไฮโดรเจน (H-) ทำให้หมู่ คาร์บอนิลของกรดฟอร์มิคสามารถดึงอิเล็กตรอนจากออกซิเจนที่ติดกันได้มาก ออกซิเจนจึงมี อิเล็กตรอนที่จะทำปฏิกิริยาดึงอิเล็กตรอนจากหมู่ไฮดรอกไซด์ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มาก ทำ ให้ออกซิเจนในหมู่ไฮดรอกไซด์มีพันธะที่อ่อนแอ ส่งผลให้สารประกอบซัลไฟด์จึงเข้าทำปฏิกิริยา ได้ง่าย ส่วนกรดแอซิดิกมีหมู่เมทิล (CH₃-) ซึ่งเป็นหมู่ที่ให้อิเล็กตรอนได้ดี ทำให้หมู่คาร์บอนิลของ กรดแอซิดิกดึงอิเล็กตรอนจากออกซิเจนที่ติดกันน้อย ออกซิเจนจึงมีอิเล็กตรอนที่จะทำปฏิกิริยาดึง อิเล็กตรอนจากหมู่ไฮดรอกไซด์ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์น้อย ทำให้ออกซิเจนในหมู่ไฮดรอก ไซด์มีพันธะที่แข็งแรง ส่งผลให้สารประกอบซัลไฟด์สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจนภายใน โมเลกุลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้ยาก ทำให้กรดฟอร์มิคเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่า กรดแอซิดิก

5.1.2 การตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของน้ำมันดีเซลก่อนและหลังกระบวนการกำจัดกำมะถัน

จากผลของการตรวจวัดด้วยเครื่อง Fourier transform Infrared spectroscopy (FTIR) พบว่าหลังจากผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถันแล้ว จะพบพีคของสารประกอบซัลโฟนขึ้นในช่วง ความยาวคลื่น 1150 และ 1300 cm⁻¹ เนื่องจากเมื่อนำสารประกอบซัลไฟด์ที่อยู่ในน้ำมันดีเซลที่ยังไม่ ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถันไปผ่านกระบวนการจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยไฮโดรเจน- เปอร์ออกไซด์ขึ้นทำให้สารประกอบซัลไฟด์ถูกเปลี่ยนเป็นสารประกอบซัลโฟน และจะพบพีค เกิดขึ้นในช่วงความยาวคลื่น 1700 cm⁻¹ ซึ่งเป็นพีคของหมู่คาร์บอนิล เนื่องจากเกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชันกับพันธะคู่ของไฮโดรคาร์บอนในน้ำมันดีเซลเป็นหมู่คาร์บอนิล (C=O) ส่งผลให้น้ำมัน ที่ได้มีสีเข้มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ทำการพิสูจน์เอกลักษณ์ทางเคมีของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ผ่านการกำจัดกำมะถันด้วยวิธีทางสเปกโตรสโกปีอย่างละเอียด เพื่อให้เกิดความชัดเจนมากขึ้นในการวิเคราะห์โครงสร้างของสารประกอบซัลเฟอร์ และสารประกอบอื่นๆ ที่อยู่ในน้ำมันดีเซล เช่น เทคนิค gas chromatography-Mass spectrometry (GC-MS)

2. จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าในน้ำมันดีเซลที่ผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถัน ยังคงมีกำมะถันปะปนอยู่ ซึ่งการทำปฏิกิริยาเพียงครั้งเดียวอาจจะกำจัดกำมะถันได้ไม่หมด ดังนั้นอาจนำน้ำมันที่ยังมีกำมะถันอยู่ไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชันหลายๆ ครั้ง เพื่อให้การกำจัดกำมะถันเป็นไปได้มากขึ้น

3. ทำการวิจัยเพื่อหาสารที่สามารถสกัดซัลโฟนหลังจากทำปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้ว แทนการใช้เมทานอล เช่น แอมโมเนีย (ammonia), เอทานอลามีน (ethanolamine), และกรดแอซิติก (acetic acid)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] น้ำมันดีเซล,[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
http://www.dmf.go.th/service/board/show_board.asp?id=785
- [2] น้ำมันดีเซล, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
<http://student.udomsuksa.ac.th/patomporn/green/mix.html>
- [3] วรพจน์ นิลพัทธ์. 2545. การกำจัดซัลเฟอร์จากเบนโซไทโอเฟน.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [4] วารสารบริษัท บางจาก จำกัด (มหาชน)
- [5] ประสิทธิ์ วงศ์จำปา. 2539. การกำจัดกำมะถันของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วโดยใช้ไฮโดรเปอร์ออกไซด์และเปอร์ออกซิแอซิดเป็นสารออกซิเดนต์และการสกัดด้วยตัวทำละลาย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [6] น้ำมันดีเซล,[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
<http://www.bangchak.co.th/th/process.asp>
- [7] Shiraishi, Y., Hirai, T., Komasaawa, I. Photochemical Desulfurization of Light Oils Using Oil/Hydrogen Peroxide Aqueous Solution Extraction System: Application for High Sulfur Content Straight-Run Light Gas Oil and Aromatic Rich Light Cycle Oil. *J. Chem. Eng. Jpn.* **1999**,32,158.
- [8] Shiraishi, Y., Yaki, Y., Hirai, T., Komasaawa, I. Visible Light-Induced Deep Desulfurization Process for Light Oils by Photochemical Electron-Transfer Oxidation in an Organic Two-Phase Extraction System. *Ind. Eng. Chem. Res.* **1999**,38,3310.
- [9] Guoxian, Y., Shanxiang, L., Hui, C., Zhongnan, Z. Diesel Fuel Desulfurization with Hydrogen Peroxide Promoted by Formic Acid and Catalyzed by Activated Carbon. *Carbon.* **2005**, 43, 2285-2294.
- [10] Zannikos, F., Lois, E., Stournas, S. Desulfurization of Petroleum Fractions by Oxidation and Solvent Extraction. *Fuel Processing Technology.* **1995**, 42 , 35-45.
- [11] Shujiro, O., Takeshi, N., Noriko,T., Weihua, Q., Atsushi, I.,Tomatsu, I., Toshiaki, K. Oxidative Desulfurization of Light Gas Oil and Vacuum Gas Oil by Oxidation and Solvent Extraction. *Energy and fuels.* **2000**, 14, 1232-1239.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] Lanju, C., Shaohui, G., Dishun, Z. Oxidation of Thiophenes over Silica Gel in Hydrogen Peroxide/Formic Acid System. *Chinese Journal of Chemical Engineering*. **2006**, 14, 835-838.
- [13] Farhan, A., Tiancun, X., Simon, A., Sami, B., Zheng, J., Huahong, S., Gary, M., Malcolm, G. Desulfurization of diesel via the H_2O_2 oxidation of aromatic sulfides to sulfones using a tungstate catalyst. *Applied Catalysis B: Environmental*. **2007**, 11, 96-108.
- [14] Laitinen ,H.A., Harris, W.E. **Chemical Analysis**. 2nd ed., McGraw-Hill Book Company.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้