

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(8)
รายการภาพประกอบ	(10)
บทที่	
1 บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
ตรวจเอกสาร	2
1. น้ำมันดีเซล (diesel oil)	2
2. สารประกอบกำมะถัน	3
3. กระบวนการขจัดสารกำมะถันในน้ำมันดีเซล	5
4. หลักการขจัดสารกำมะถันโดยวิธีออกซิดีซัลเฟอไรเซชัน (oxydesulfurization)	8
5. การสกัดของเหลว-ของเหลว	12
6. แก๊สไอโซน	16
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
วัตถุประสงค์	25
2 วิธีการวิจัย	26
1. เครื่องมือและอุปกรณ์	26
2. สารเคมี	26
3. วิธีการทดลอง	28
4. แนวคิดพื้นฐานการคำนวณปริมาณไอโซนที่ใช้ในปฏิกิริยา	31

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	34
1. ผลของการออกซิเดชันสารประกอบกำมะถันโดยใช้ไอโซนเป็นตัวออกซิไดซ์	34
2. ผลของการออกซิเดชัน dibutyl sulfide ในไนท์ออยล์ โดยใช้ไอโซนเป็นตัวออกซิไดซ์	38
3. ผลของการขจัดสารประกอบกำมะถันในไนท์ออยล์ โดยการสกัดด้วยเมทานอล	46
4. ผลของการออกซิเดชัน dibutyl disulfide และ dibenzothiophene โดยใช้ไอโซนเป็นตัวออกซิไดซ์ ร่วมกับการใช้เครื่องอัลตราโซนิก (ultrasonic)	52
4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	56
บทสรุป	56
ข้อเสนอแนะ	56
บรรณานุกรม	57

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	34
1. ผลของการออกซิเดชันสารประกอบกำมะถันโดยใช้โอโซนเป็นตัวออกซิไดซ์	34
2. ผลของการออกซิเดชัน dibutyl sulfide ในไวท์ออยล์ โดยใช้โอโซนเป็นตัวออกซิไดซ์	38
3. ผลของการขจัดสารประกอบกำมะถันในไวท์ออยล์ โดยการสกัดด้วยเมทานอล	46
4. ผลของการออกซิเดชัน dibutyl disulfide และ dibenzothiophene โดยใช้โอโซนเป็นตัวออกซิไดซ์ ร่วมกับการใช้เครื่องอัลตราโซนิก (ultrasonic)	52
4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	56
บทสรุป	56
ข้อเสนอแนะ	56
บรรณานุกรม	57
ภาคผนวก	61
ภาคผนวก ก. ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่องการกำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซลสำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนเร็ว	62
ภาคผนวก ข. เครื่องผลิตโอโซน	65
ภาคผนวก ค. เครื่องวัดปริมาณโอโซนในอากาศ	67
ภาคผนวก ง. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบกำมะถัน	69
ภาคผนวก จ. ตัวอย่างโครมาโทแกรมของสารต่างๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ-เฟลมไอออไนเซชัน ดีเทคเตอร์ (GC-FID)	73
ภาคผนวก ฉ. ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ปริมาณกำมะถันด้วยเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์ สเปกโทรมิเตอร์ (XRF)	79
ภาคผนวก ช. ตัวอย่างผลการวิเคราะห์สารประกอบกำมะถันด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ-แมสสเปกโทรมิเตอร์ (GC-MS)	81
ประวัติผู้เขียน	83

## รายการตาราง

ตาราง		หน้า
1	ตัวอย่างประเภทของสารประกอบกำมะถันในน้ำมัน	4
2	การเปรียบเทียบกระบวนการไฮโดรดีซัลเฟอไรเซชัน และออกซิดีซัลเฟอไรเซชัน	11
3	ค่าความต่างศักย์รีดอกซ์ของตัวออกซิไดซ์ต่างๆ	17
4	การเปรียบเทียบข้อกำหนดที่สำคัญของน้ำมันดีเซลในอนาคต	24
5	ตัวอย่างสารประกอบกำมะถันที่ใช้ในการทดลอง	27
6	ผลของเวลาการออกซิเดชันสารประกอบกำมะถันด้วยโอโซน ต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารประกอบกำมะถันที่เวลาการออกซิเดชันต่างๆ	34
7	ผลของเวลาการออกซิเดชันสารประกอบกำมะถันด้วยโอโซนต่อ % การเปลี่ยนของความเข้มข้นสารประกอบกำมะถันที่เวลาการออกซิเดชันต่างๆ	35
8	ผลของประจุลบบนอะตอมกำมะถันในสารประกอบกำมะถันต่อ % การเปลี่ยนของความเข้มข้นสารประกอบกำมะถัน ที่เวลาการออกซิเดชัน 240 นาที	36
9	ผลของเวลาการออกซิเดชันโดยใช้โอโซนเป็นตัวออกซิไดซ์ ต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น dibutyl sulfide, dibutyl sulfoxide และ dibutyl sulfone	45
10	ผลของการขจัดสารประกอบกำมะถันในไวท์ออยล์ โดยการสกัดด้วยเมทานอลต่อ % กำมะถันโดยน้ำหนัก	47
11	ผลของการขจัดสารประกอบกำมะถันในไวท์ออยล์ โดยการสกัดด้วยเมทานอลต่อ % การสกัดปริมาณกำมะถัน	47
12	ผลของการสกัด dibenzothiophene, p-thiocresol ในไวท์ออยล์ และสารประกอบกำมะถันในน้ำมันดีเซล โดยการสกัดด้วยเมทานอลต่อ % กำมะถันโดยน้ำหนัก	50
13	ผลของการสกัด dibenzothiophene, p-thiocresol ในไวท์ออยล์ และสารประกอบกำมะถันในน้ำมันดีเซล โดยการสกัดด้วยเมทานอลต่อ % การสกัดปริมาณกำมะถัน	50

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
14	ผลของเวลาการออกซิเดชัน dibutyl disulfide และ dibenzothiophene ด้วยไอโซนร่วมกับการใช้และไม่ใช้เครื่องอัลตราโซนิกต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นสารประกอบกำมะถัน	53
15	ผลของเวลาการออกซิเดชันสารประกอบกำมะถันด้วยไอโซน ร่วมกับ การใช้และไม่ใช้เครื่องอัลตราโซนิกต่อ % การเปลี่ยนของความเข้มข้นสารประกอบกำมะถัน	54

## รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 สภาวะดำเนินการของกระบวนการดีซัลเฟอร์ไรเซชัน	8
2 กลไกการออกซิเดชันสารประกอบกำมะถันอินทรีย์	21
3 แผนผังขั้นตอนการศึกษากระบวนการไอโซนดีซัลเฟอร์ไรเซชัน	33
4 ผลของเวลาการออกซิเดชันสารประกอบกำมะถันต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นสารประกอบกำมะถัน	34
5 ผลของเวลาการออกซิเดชันสารประกอบกำมะถันต่อ % การเปลี่ยนของความเข้มข้นสารประกอบกำมะถัน	35
6 ผลของประจุลบบนอะตอมกำมะถันในสารประกอบกำมะถันต่อ % การเปลี่ยนของความเข้มข้นสารประกอบกำมะถัน ที่เวลาการออกซิเดชัน 240 นาที	36
7 โคโรมาโทแกรม GC-FID ของสารละลายมาตรฐาน dibutyl sulfoxide กับ dibutyl sulfone ในเมทานอล	38
8 โคโรมาโทแกรม GC-FID ของส่วนสกัดเมทานอลจากการสกัด dibutyl sulfide ในไวท์ออยล์เริ่มต้น	39
9 โคโรมาโทแกรม GC-FID ของส่วนสกัดเมทานอลจากการสกัด dibutyl sulfide ในไวท์ออยล์ที่ถูกออกซิไดซ์ด้วยไอโซนนาน 240 นาที	39
10 โคโรมาโทแกรม GC-FID ของส่วนสกัดเมทานอลจากการสกัด dibutyl sulfide ในไวท์ออยล์ที่ถูกออกซิไดซ์ด้วยไอโซนนาน 240 นาที ผสมกับสารละลายมาตรฐาน dibutyl sulfoxide	40
11 โคโรมาโทแกรม GC-FID ของส่วนสกัดเมทานอลจากการสกัด dibutyl sulfide ในไวท์ออยล์ที่ถูกออกซิไดซ์ด้วยไอโซนนาน 240 นาที ผสมกับสารละลายมาตรฐาน dibutyl sulfone	40
12 แมสสเปกตรัมของสารมาตรฐาน dibutyl sulfoxide (1) และ แมสสเปกตรัมของโคโรมาโทแกรม B (2) ในภาพประกอบ 9	42

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
13	แมสสเปกตรัมของสารมาตรฐาน dibutyl sulfone (3) และแมสสเปกตรัมของโครมาโทแกรม C (4) ในภาพประกอบ 9	43
14	ผลของเวลาการออกซิเดชันต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น dibutyl sulfide, dibutyl sulfoxide และ dibutyl sulfone	45
15	ผลของการขจัดสารประกอบกำมะถันในไวท์ออยล์ต่อ % กำมะถันโดยน้ำหนัก	47
16	ผลของการขจัดสารประกอบกำมะถันในไวท์ออยล์ต่อ % การสกัดปริมาณกำมะถัน	48
17	ผลของการสกัด dibenzothiophene, p-thiocresol ในไวท์ออยล์ และสารประกอบกำมะถันในน้ำมันดีเซลต่อ % กำมะถันโดยน้ำหนัก	50
18	ผลของการสกัด dibenzothiophene, p-thiocresol ในไวท์ออยล์ และสารประกอบกำมะถันในน้ำมันดีเซลต่อ % การสกัดปริมาณกำมะถัน	51
19	ผลของเวลาการออกซิเดชัน dibutyl disulfide และ dibenzothiophene ร่วมกับการใช้และไม่ใช้เครื่องอัลตราโซนิกต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นสารประกอบกำมะถัน	53
20	ผลของเวลาการออกซิเดชัน dibutyl disulfide และ dibenzothiophene ร่วมกับการใช้และไม่ใช้เครื่องอัลตราโซนิกต่อ % การเปลี่ยนของความเข้มข้นสารประกอบกำมะถัน	54
21	เครื่องผลิตโอโซน	65
22	แผงควบคุมการทำงานเครื่องผลิตโอโซน	66
23	เครื่องวัดปริมาณโอโซนในอากาศ	67
24	ส่วนประกอบเครื่องวัดปริมาณโอโซนในอากาศ	68
25	กราฟเทียบมาตรฐานความเข้มข้น dibutyl sulfide ในไวท์ออยล์	70
26	กราฟเทียบมาตรฐานความเข้มข้น p-thiocresol ในไวท์ออยล์	70
27	กราฟเทียบมาตรฐานความเข้มข้น dibutyl disulfide ในไวท์ออยล์	71

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
28	กราฟเทียบมาตรฐานความเข้มข้น dibenzothiophene ในไวท์ออยล์	71
29	กราฟเทียบมาตรฐานความเข้มข้น dibutyl sulfoxide ในไวท์ออยล์	72
30	กราฟเทียบมาตรฐานความเข้มข้น dibutyl sulfone ในเมทานอล	72
31	โครมาโทแกรม GC-FID ของไวท์ออยล์	73
32	โครมาโทแกรม GC-FID ของไวท์ออยล์หลังจากการออกซิไดซ์ด้วยไอโซนนาน 240 นาที	73
33	โครมาโทแกรม GC-FID ของไวท์ออยล์หลังจากการสกัดไวท์ออยล์ที่ผ่านการออกซิไดซ์ด้วยไอโซนนาน 240 นาที โดยทำการสกัดด้วยเมทานอล	74
34	โครมาโทแกรม GC-FID ของเมทานอล	74
35	โครมาโทแกรม GC-FID ของส่วนสกัดเมทานอลจากการสกัดไวท์ออยล์เริ่มต้น	75
36	โครมาโทแกรม GC-FID ของส่วนสกัดเมทานอลจากการสกัดไวท์ออยล์ ที่ผ่านการออกซิไดซ์ด้วยไอโซนนาน 240 นาที	75
37	โครมาโทแกรม GC-FID ของ dibutyl sulfide ในไวท์ออยล์ ผสมกับสารอ้างอิงมาตรฐาน	76
38	โครมาโทแกรม GC-FID ของ p-thiocresol ในไวท์ออยล์ ผสมกับสารอ้างอิงมาตรฐาน	76
39	โครมาโทแกรม GC-FID ของ dibutyl disulfide ในไวท์ออยล์ ผสมกับสารอ้างอิงมาตรฐาน	77
40	โครมาโทแกรม GC-FID ของ dibenzothiophene ในไวท์ออยล์ ผสมกับสารอ้างอิงมาตรฐาน	77
41	โครมาโทแกรม GC-FID ของสารมาตรฐาน dibutyl sulfoxide ในเมทานอล	78
42	โครมาโทแกรม GC-FID ของสารมาตรฐาน dibutyl sulfone ในเมทานอล	78