

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ง
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญ	ซ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป	ถ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	น
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานการวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย	4
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
2. ทัศนวิสัยธรรมชาติและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 จำนวนยานพาหนะที่ลงทะเบียนในประเทศไทย	5
2.2 เครื่องยนต์ดีเซล	6
2.3 น้ำมันเชื้อเพลิง ประเภทไบโอดีเซล (BIODIESEL).....	7
2.3.1 มาตรฐานน้ำมัน	8
2.4 มาตรฐานการปล่อยไอเสีย (EMISSION STANDARDS)	11
2.5 ผลกระทบจากการสัมผัสอนุภาค	13
2.6 การตรวจวัดอนุภาคในอากาศ	16
2.6.1 เครื่องมือตรวจวัดอนุภาค.....	16
2.7 วิธีการลดปริมาณมลพิษจากเครื่องยนต์	17
2.7.1 สารทำความสะอาดหัวฉีด (Injector Cleaners).....	17
2.7.2 Catalytic Converterตัวกรองไอเสีย.....	18
2.7.3 The common rail system.....	19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
2.8.1 ความเข้มข้นเชิงจำนวนและความเข้มข้นเชิงมวล.....	19
2.8.2 องค์ประกอบธาตุและสัณฐานวิทยา.....	21
2.8.3 การวัดส่วนประกอบน้ำมันด้วยเครื่อง GCMS	22
3.วิธีการดำเนินการวิจัย.....	25
3.1 รูปแบบวิธีการวิจัย.....	25
3.2 ประชากร, กลุ่มตัวอย่าง และสถานที่ทำการวิจัย.....	25
3.2.1 เครื่องยนต์ดีเซลอายุมากกว่า 10 ปี ของ รถยนต์ Mazda bt 50 2006.....	25
3.2.2 น้ำมันไบโอดีเซลผสม.....	25
3.2.3 สถานที่ทำการศึกษา.....	25
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	25
3.3.1 เครื่องมือสำหรับการตรวจวัดการกระจายตัวและความเข้มข้นของอนุภาค	25
3.3.2 เครื่องมือสำหรับการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุและ สัณฐานวิทยา.....	30
3.3.3 เครื่องทดสอบสมรรถนะยานยนต์	32
3.3.4 เครื่องมือทดสอบคุณภาพน้ำมัน.....	33
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล	38
3.4.1 การตรวจวัดการกระจายตัวของขนาดอนุภาคและความเข้มข้นของอนุภาค.....	38
3.4.2 การเก็บตัวอย่างอนุภาคเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุและสัณฐานวิทยา.....	41
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	43
3.5.1 การใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics).....	43
3.5.2 การใช้สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics).....	43
4. ผลการวิจัย	46
4.1. อนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้เชื้อเพลิง B7.....	46
4.1.1. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมัน B7	46
4.1.2 การวิเคราะห์การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงจำนวน.....	47
1) การตรวจวัดอนุภาคเชิงจำนวนภายนอกท่อไอเสีย	47
2) การตรวจวัดอนุภาคเชิงจำนวนภายในท่อไอเสีย	51
4.1.2. การวิเคราะห์การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงมวล	55
1) การตรวจวัดอนุภาคเชิงมวลภายนอกท่อไอเสีย	55
2) การตรวจวัดอนุภาคเชิงมวลภายในท่อไอเสีย	60
3) การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาและองค์ประกอบธาตุของอนุภาค.....	69

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2. อนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้เชื้อเพลิง B20	73
4.2.1. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมัน B20.....	73
4.2.2 การวิเคราะห์การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงจำนวน	74
1) การตรวจวัดอนุภาคเชิงจำนวนภายนอกท่อไอเสีย	74
2) การตรวจวัดอนุภาคเชิงจำนวนภายในท่อไอเสีย	77
4.2.3 การวิเคราะห์การกระจายตัวเชิงมวลและความเข้มข้นเชิงมวล	82
1) การตรวจวัดอนุภาคเชิงมวลภายนอกท่อไอเสีย	82
2) การตรวจวัดอนุภาคเชิงมวลภายในท่อไอเสีย	86
3) การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาและองค์ประกอบธาตุของอนุภาค.....	95
4.3. อนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้เชื้อเพลิง B30	100
4.3.1. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมัน B30.....	100
4.3.2 การวิเคราะห์การกระจายตัวเชิงมวลและความเข้มข้นเชิงจำนวน	101
1) การตรวจวัดอนุภาคเชิงจำนวนภายนอกท่อไอเสีย.....	102
2) การตรวจวัดอนุภาคเชิงจำนวนภายในท่อไอเสีย	104
4.3.3. การวิเคราะห์การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงมวล	109
1) การตรวจวัดอนุภาคเชิงมวลภายนอกท่อไอเสีย.....	109
2) การตรวจวัดอนุภาคเชิงมวลภายในท่อไอเสีย.....	113
3) การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาและองค์ประกอบธาตุของอนุภาค.....	124
4.4. การวิเคราะห์เปรียบเทียบอนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้เชื้อเพลิง 3 ประเภท ได้แก่ B7, B20 และ B30	129
4.4.1. การวิเคราะห์เปรียบเทียบการกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงจำนวนของน้ำมัน 3 ประเภท.....	129
4.4.2. การวิเคราะห์เปรียบเทียบการกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงมวลของน้ำมัน 3 ประเภท	136
4.4.3. การวิเคราะห์เปรียบเทียบการกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงจำนวนของน้ำมัน 3 ประเภท.....	142
4.4.4. การวิเคราะห์เปรียบเทียบองค์ประกอบธาตุของอนุภาคจากการเผาไหม้ของน้ำมัน 3 ประเภท	147

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5. สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	153
5.1 สรุปผลการวิจัย	153
5.1.1 สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล	153
5.1.2 สรุปผลการวิเคราะห์การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาค (Particle Number Concentration and Size Distribution).....	154
5.1.3 สรุปผลการวิเคราะห์การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงมวล (Particle Mass Concentration and Size Distribution)	154
5.1.4 สรุปผลการวิเคราะห์สัณฐานวิทยาของอนุภาค (Morphology)	155
5.1.5 สรุปผลการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุ (Element Composition)	156
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	157
5.2.1 อภิปรายผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล	157
5.2.2 อภิปรายผลการวิเคราะห์การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาค (Particle Number Concentration and Size Distribution)	158
5.2.3 อภิปรายผลการวิเคราะห์การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงมวล (Particle Mass Concentration and Size Distribution)	160
5.2.4 อภิปรายผลการวิเคราะห์สัณฐานวิทยาของอนุภาค (Morphology).....	162
5.2.5 อภิปรายผลการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุ (Element Composition).....	162
5.2.6 อภิปรายผลผลกระทบต่อสุขภาพ และมาตรการป้องกัน	164
5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัย	166
5.3.1 ข้อเสนอแนะที่ได้จากผลการศึกษา.....	166
5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต.....	166
รายการอ้างอิง	168
ภาคผนวก.....	180
ภาคผนวก ก.....	181
ภาคผนวก ข.....	185
ภาคผนวก ค.....	188
ประวัติผู้เขียน.....	192

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

2.1	ข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล พ.ศ.2567	9
2.2	มาตรฐานการปล่อยไอเสีย	11
2.3	เปรียบเทียบการวัดของเครื่องมือ	16
2.4	การทำความสะอาดหัวฉีดแบบถอดและไม่ถอด	18
3.1	ข้อมูลจำเพาะของ PAS รุ่น GRIMM 11D.....	26
3.2	ข้อมูลจำเพาะของ SMPS+C รุ่น GRIMM 5416	27
3.3	ข้อมูลจำเพาะของเครื่องวัดความเร็วลมประเภท Hotwire รุ่น 9555-P	27
3.4	ข้อมูลจำเพาะเครื่อง TSI 3090 (EEPS).....	28
3.5	ข้อมูลจำเพาะเครื่อง FESEM-EDS	29
3.6	ข้อมูลจำเพาะของ Chassis Dynamometer รุ่น FPS 2700.....	32
3.7	ข้อมูลจำเพาะของเครื่อง Automated cetane ID 510 analyzer (ASTM D613).....	33
3.8	ข้อมูลจำเพาะของเครื่อง Flash Point and Burning Point (ASTM D93–98th).....	35
3.9	มาตรฐานการทดสอบคุณสมบัติของน้ำมัน	37
3.10	ขั้นตอนการจำลองการทดสอบการขับเคลื่อนตามสภาวะความเร็วต่ำ.....	39
3.11	ขั้นตอนการจำลองการทดสอบการขับเคลื่อนตามสภาวะความเร็วสูง.....	39
4.1	การทดสอบคุณสมบัติของน้ำมัน B7	46
4.2	การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงจำนวนภายนอกที่ความเร็ว 50 km/hr ของน้ำมัน B7	49
4.3	การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงจำนวนภายนอกที่ความเร็ว 100 km/hr ของน้ำมัน B7	50
4.4	ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงจำนวนภายนอกที่ระหว่างความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B7 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test	50
4.5	ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงจำนวนภายนอกที่ระหว่างความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B7 โดยใช้สถิติ Independent T-Test	51
4.6	การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงจำนวนภายในที่ความเร็ว 50 km/hr ของน้ำมัน B7	53

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.7 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงจำนวนภายในท่อที่ความเร็ว 100 km/hr ของน้ำมัน B7	54
4.8 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงจำนวนภายในท่อระหว่างความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B7 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test	55
4.9 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงมวลภายนอกท่อที่ความเร็ว 50 km/hr ของน้ำมัน B7	57
4.10 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงมวลภายนอกท่อที่ความเร็ว 100 km/hr ของน้ำมัน B7	58
4.11 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงมวลภายนอกท่อระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B7 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test	58
4.12 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงจำนวนภายนอกท่อระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B7 โดยใช้สถิติ Independent T-Test	59
4.13 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงมวลภายในท่อที่ความเร็ว 50 km/hr ของน้ำมัน B7	61
4.14 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงมวลภายในท่อที่ความเร็ว 100 km/hr ของน้ำมัน B7	62
4.15 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงมวลภายในท่อระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B7 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test.....	62
4.16 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงมวลภายในท่อระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B7 โดยใช้สถิติ Independent T-Test.....	63
4.17 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นของอนุภาคเชิงมวลภายนอกท่อ โดยจำแนกตาม Environmental และ Occupational Parameters ที่ความเร็ว 50 km/hr ของน้ำมัน B7	66
4.18 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นของอนุภาคเชิงมวลภายนอกท่อ โดยจำแนกตาม Environmental และ Occupational Parameters ที่ความเร็ว 100 km/hr ของน้ำมัน B7	67
4.19 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงมวลภายนอกท่อโดยแบ่งตามพารามิเตอร์ ระหว่างความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B7 โดยใช้สถิติ Independent T-Test.....	68

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.20 การทดสอบการกระจายตัวขององค์ประกอบธาตุภายนอกท่อที่ความเร็ว 50 km/hr ของน้ำมัน B7	71
4.21 การทดสอบการกระจายตัวขององค์ประกอบธาตุภายนอกท่อที่ความเร็ว 100 km/hr ของน้ำมัน B7	71
4.22 การทดสอบความแตกต่างขององค์ประกอบธาตุภายนอกท่อระหว่างความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B7 โดยใช้สถิติ Independent T-Test	72
4.23 การทดสอบคุณสมบัติของน้ำมัน B20	73
4.24 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงจำนวนภายนอกท่อที่ความเร็ว 50 km/hr ของน้ำมัน B20	75
4.25 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงจำนวนภายนอกท่อที่ความเร็ว 100 km/hr ของน้ำมัน B20	76
4.26 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงจำนวนภายนอกท่อระหว่างความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B20 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test	76
4.27 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงจำนวนภายนอกท่อระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B20 โดยใช้สถิติ Independent T-Test	77
4.28 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงจำนวนภายในท่อที่ความเร็ว 50 km/hr ของน้ำมัน B20	79
4.29 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงจำนวนภายในท่อที่ความเร็ว 100 km/hr ของน้ำมัน B20	80
4.30 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงจำนวนภายในท่อระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B20 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test	81
4.31 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงจำนวนภายในท่อระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B20 โดยใช้สถิติ Independent T-Test	81
4.32 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงมวลภายนอกท่อที่ความเร็ว 50 km/hr ของน้ำมัน B20	83
4.33 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงมวลภายนอกท่อที่ความเร็ว 100 km/hr ของน้ำมัน B20	84

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.34 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงมวลภายนอกท่อระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B20 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test	85
4.35 การทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงจำนวนภายนอกท่อระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B20 โดยใช้สถิติ Independent T-Test	85
4.36 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงมวลภายในท่อที่ความเร็ว 50 km/hr ของน้ำมัน B20	87
4.37 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงมวลภายในท่อที่ความเร็ว 100 km/hr ของน้ำมัน B20	88
4.38 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงมวลภายในท่อระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B20 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test	88
4.39 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงจำนวนภายในท่อระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B20 โดยใช้สถิติ Independent T-Test	89
4.40 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นของอนุภาคเชิงมวลภายนอกท่อ โดยจำแนกตาม Environmental และ Occupational Parameters ที่ความเร็ว 50 km/hr ของน้ำมัน B20	92
4.41 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นของอนุภาคเชิงมวลภายนอกท่อ โดยจำแนกตาม Environmental และ Occupational Parameters ที่ความเร็ว 100 km/hr ของน้ำมัน B20 .	93
4.42 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงมวลโดยภายนอกท่อ แบ่งตามพารามิเตอร์ ระหว่างความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B20 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test	94
4.43 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงมวลภายนอกท่อ โดยแบ่งตามพารามิเตอร์ ระหว่างความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B20 โดยใช้สถิติ Independent T-Test	95
4.44 การทดสอบการกระจายตัวขององค์ประกอบธาตุภายนอกท่อที่ความเร็ว 50 km/hr ของน้ำมัน B20	98
4.45 การทดสอบการกระจายตัวขององค์ประกอบธาตุภายนอกท่อที่ความเร็ว 100 km/hr ของน้ำมัน B20	98
4.46 การทดสอบความแตกต่างขององค์ประกอบธาตุภายนอกท่อระหว่างความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B20	99
4.47 การทดสอบคุณสมบัติของน้ำมัน B30	100

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.48 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงจำนวนภายนอกที่ความเร็ว 50 km/hr ของน้ำมัน B30.....	102
4.49 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงจำนวนภายนอกที่ความเร็ว 100 km/hr ของน้ำมัน B30.....	103
4.50 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงจำนวนระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B30 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test.....	103
4.51 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงจำนวนระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B30 โดยใช้สถิติ Independent T-Test.....	104
4.52 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงจำนวนภายในที่ความเร็ว 50 km/hr.....	106
4.53 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงจำนวนภายในที่ความเร็ว 100 km/hr ของน้ำมัน B30.....	107
4.54 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงจำนวนระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B30.....	108
4.55 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงจำนวนระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B30 โดยใช้สถิติ Independent T-Test.....	108
4.56 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงมวลภายนอกที่ความเร็ว 50 km/hr	110
4.57 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงมวลภายนอกที่ความเร็ว 100 km/hr ของน้ำมัน B30.....	111
4.58 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงมวลระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B30 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test.....	111
4.59 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงจำนวนระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B30 โดยใช้สถิติ Independent T-Test.....	112
4.60 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงมวลภายในที่ความเร็ว 50 km/hr ของน้ำมัน B30.....	114
4.61 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นเชิงมวลภายในที่ความเร็ว 100 km/hr ของน้ำมัน B30.....	115

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.62 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงมวลระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B30.....	115
4.63 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงจำนวนระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B30 โดยใช้สถิติ Independent T-Test.....	116
4.64 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นของอนุภาคเชิงมวลภายนอกท่อ โดยจำแนกตาม Environmental และ Occupational Parameters ที่ความเร็ว 50 km/hr ของน้ำมัน B30.....	120
4.65 การทดสอบการกระจายตัวความเข้มข้นของอนุภาคเชิงมวลภายนอกท่อ โดยจำแนกตาม Environmental และ Occupational Parameters ที่ความเร็ว 100 km/hr ของน้ำมัน B30.....	121
4.66 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงมวลโดยแบ่งตามพารามิเตอร์ ระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B30 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test.....	122
4.67 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงมวลโดยแบ่งตามพารามิเตอร์ ระหว่าง ความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr ของน้ำมัน B30 โดยใช้สถิติ Independent T-Test.....	123
4.68 การทดสอบการกระจายตัวขององค์ประกอบธาตุภายนอกท่อที่ความเร็ว 50 km/hr ของน้ำมัน B30.....	127
4.69 การทดสอบการกระจายตัวขององค์ประกอบธาตุภายนอกท่อที่ความเร็ว 100 km/hr ของน้ำมัน B30.....	127
4.70 การทดสอบความแตกต่างขององค์ประกอบธาตุภายนอกท่อระหว่างความเร็ว 50 km/hr และ 100 km/hr	128
4.71 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงจำนวนโดยแบ่งตามพารามิเตอร์ น้ำมัน 3 ประเภท	132
4.72 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงจำนวนโดยแบ่งตามพารามิเตอร์ น้ำมัน 3 ประเภท	135
4.73 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงมวลโดยแบ่งตามพารามิเตอร์ น้ำมัน 3 ประเภท	139

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.74 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงมวลโดยแบ่งตามพารามิเตอร์ น้ำมัน 3 ประเภท	141
4.75 ตารางการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นเชิงมวลโดยแบ่งตามพารามิเตอร์ น้ำมัน 3 ประเภท	147
4.76 ตารางการทดสอบความแตกต่างองค์ประกอบธาตุของอนุภาคจากการเผาไหม้ ของน้ำมัน 3 ประเภท	149
4.77 ตารางการทดสอบความแตกต่างองค์ประกอบธาตุของอนุภาคจากการเผาไหม้ ของน้ำมัน 3 ประเภท	150
4.78 ตารางการทดสอบความแตกต่างองค์ประกอบธาตุของอนุภาคจากการเผาไหม้ ของน้ำมัน 3 ประเภท	152

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 สถิติจำนวนรถจำแนกตามประเภทและชนิดเชื้อเพลิง	5
2.2 กราฟแสดงอายุรถที่มีการต่อทะเบียน	6
2.3 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล.....	7
3.1 เครื่อง PAS รุ่น GRIMM 11D	25
3.2 เครื่อง SMPS+C รุ่น GRIMM 5416	26
3.3 เครื่องวัดความเร็วลมประเภท Hotwire รุ่น 9555-P	27
3.4 EEPS รุ่น 3090	28
3.5 เครื่อง Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM-EDS)	29
3.6 Universal air sampling pump.....	30
3.7 Universal air sampling pump.....	30
3.8 Nano Particle Sampler	31
3.9 Polycarbonate membrane	31
3.10 Chassis Dynamometer รุ่น FPS 2700	32
3.11 เครื่อง Automated cetane ID 510 analyzer (ASTM D613)	33
3.12 BIODIESEL HYDROMETER ASTM D 1298	34
3.13 Flash Point and Burning Point (ASTM D92-98th).....	34
3.14 เครื่องวัดค่าความหนืดของน้ำมันในหน่วยเซนติสโตกส์	35
3.15 เครื่อง GC-MS/Series 3XO	36
3.16 ขั้นตอนการติดตั้งและการตรวจวัดอนุภาคในห้องปฏิบัติการ	40
3.17 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างองค์ประกอบธาตุและสัณฐานวิทยาของอนุภาค	42
3.18 การทดสอบข้อมูลทางสถิติของน้ำมันแบบแยกประเภท.....	45
3.19 การทดสอบข้อมูลทางสถิติของน้ำมันแบบรวมทั้ง 3 ประเภท	45
4.1 ผลการทดสอบส่วนประกอบของน้ำมัน ประเภท B7	47
4.2 การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงจำนวนภายนอกท่อของอนุภาคการเผาไหม้ โดยใช้เชื้อเพลิง B7.....	49
4.3 การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงจำนวนภายในท่อของอนุภาคจากการเผาไหม้ โดยใช้เชื้อเพลิง B7.....	53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.4 การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงมวลนอกท่อไอเสียของอนุภาคจากการเผาไหม้ โดยใช้เชื้อเพลิง B7.....	57
4.5 การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงมวลภายในท่อของอนุภาคจากการเผาไหม้ โดยใช้เชื้อเพลิง B7.....	61
4.6 ความเข้มข้นเชิงมวลจำแนกตามปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental parameters) ของน้ำมัน B7.....	64
4.7 ความเข้มข้นเชิงมวลจำแนกตามปัจจัยด้านอาชีพ (Occupational Parameters) ของน้ำมัน B7.....	65
4.8 สัณฐานวิทยาภายนอกของอนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้เครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้น้ำมัน B7.....	69
4.9 องค์ประกอบธาตุภายนอกจากการเผาไหม้เครื่องยนต์ไบโอดีเซล B7.....	70
4.10 ผลการทดสอบส่วนประกอบของน้ำมันประเภท B20.....	73
4.11 การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคภายนอกจากการเผาไหม้ โดยใช้เชื้อเพลิง B20.....	75
4.12 การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงจำนวนภายในท่อของอนุภาคจากการเผาไหม้ โดยใช้เชื้อเพลิง B20.....	79
4.13 การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงมวลภายนอกของอนุภาคจากการเผาไหม้ โดยใช้เชื้อเพลิง B20.....	83
4.14 การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงมวลภายในท่อของอนุภาคจากการเผาไหม้ โดยใช้เชื้อเพลิง B20.....	87
4.15 ความเข้มข้นเชิงมวลภายนอกจำแนกตามปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Parameters) ของน้ำมัน B20.....	90
4.16 ความเข้มข้นเชิงมวลภายนอกจำแนกตามปัจจัยด้านอาชีพ (Occupational Parameters) ของน้ำมัน B20.....	91
4.17 สัณฐานวิทยาภายนอกของอนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้เครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้น้ำมัน B20.....	96
4.18 องค์ประกอบธาตุภายนอกจากการเผาไหม้เครื่องยนต์ไบโอดีเซล B20.....	97
4.19 ผลการทดสอบส่วนประกอบของน้ำมันประเภท B30.....	100

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.20 การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงจำนวนภายนอกท่อของอนุภาคจากการเผาไหม้ โดยใช้เชื้อเพลิง B30	102
4.21 การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงจำนวนภายในท่อของอนุภาคจากการเผาไหม้ โดยใช้เชื้อเพลิง B30	106
4.22 การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงมวลภายนอกท่อของอนุภาคจากการเผาไหม้ โดยใช้เชื้อเพลิง B30	110
4.23 การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงมวลภายในท่อของอนุภาคจากการเผาไหม้ โดยใช้เชื้อเพลิง B30	114
4.24 ความเข้มข้นเชิงมวลภายนอกท่อจำแนกตามปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Parameters) ของน้ำมัน B30	117
4.25 ความเข้มข้นเชิงมวลภายนอกท่อจำแนกตามปัจจัยด้านอาชีพอนามัย (Occupational Parameters) ของน้ำมัน B30	119
4.26 สัณฐานวิทยาภายนอกท่อของอนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้เครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้น้ำมัน B30	125
4.27 องค์ประกอบธาตุภายนอกท่อจากการเผาไหม้เครื่องยนต์ไบโอดีเซล B30 ของกระบวนการทดสอบในช่วงความเร็วต่ำและความเร็วสูง	126
4.28 การเปรียบเทียบการกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาค ภายในท่อและภายนอกท่อ โดยใช้เชื้อเพลิง 3 ประเภทที่แตกต่างกัน	131
4.29 การเปรียบเทียบการกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงมวลของอนุภาค ภายในท่อ	138
4.30 การเปรียบเทียบความเข้มข้นเชิงมวลจำแนกตามปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม และอาชีพอนามัย ตรวจวัดภายนอกท่อ โดยใช้เชื้อเพลิง 3 ประเภท	144
4.31 องค์ประกอบธาตุจากการเผาไหม้เครื่องยนต์ไบโอดีเซล B7, B20 และ B30 ของกระบวนการทดสอบในช่วงความเร็วต่ำและความเร็วสูง	148

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

B0	=	น้ำมันดีเซลที่ไม่มีส่วนผสมของไบโอดีเซล
B7	=	น้ำมันดีเซลที่มีการผสมไบโอดีเซล 7%
B20	=	น้ำมันดีเซลที่มีการผสมไบโอดีเซล 20%
B30	=	น้ำมันดีเซลที่มีการผสมไบโอดีเซล 30%
B100	=	น้ำมันไบโอดีเซลที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำมันดีเซล
nm	=	นาโนเมตร
rpm	=	รอบต่อนาที, หน่วยวัดความเร็วรอบ
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	=	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
TSP	=	ฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate)
km/h	=	หน่วยที่ใช้ในการวัดความเร็วเป็นระยะกิโลเมตรต่อชั่วโมง
PM10	=	อนุภาคในอากาศที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมโครเมตร
PM4	=	อนุภาคในอากาศที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 4 ไมโครเมตร
PM2.5	=	อนุภาคในอากาศที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร
PM1	=	อนุภาคในอากาศที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 1 ไมโครเมตร
Inhalable dust	=	อนุภาคที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนต้น โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 100 ไมโครเมตร
Thoracic dust	=	อนุภาคที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนกลาง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 25 ไมโครเมตร
Respirable dust	=	อนุภาคที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนปลาย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมโคร
SEM	=	Scanning Electron Microscope
CO	=	Carbon Monoxide หรือ คาร์บอนมอนอกไซด์
HC	=	Hydrocarbons หรือ ไฮโดรคาร์บอน
ECU	=	Engine Control Unit