ผลของน้ำมันฟูเซลต่อสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน จากไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล

นาย ศิริชัย บุรวรรนินท์

วิทยานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-332-232-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I18991993

EFFECT OF FUSEL OIL ON POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS FROM EXHAUST EMISSION OF DIESEL ENGINE

Mr. Sirichai Buravannint

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Petrochemistry
Program of Petrochemisty and Polymer Science
Grauate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1998

ISBN 974-332-232-9

Thesis Title	EFFECT OF FUSEL OIL ON POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS FROM EXHAUST EMISSION OF DIESEL ENGINE
By	Mr.Sirichai Buravannint
Department	Petrochemistry and Polymer Science
Thesis Advisor	Associate Professor Sophon Roengsumran, Ph.D.
Thesis Co-Advisor	Mrs.Ratanavalee In-Ochanon

Accepted by Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree.

.....Dean of Graduate School
(Professor Supawat Chutivongse,M.D.)

Thesis Committee

.....Chairman
(Associate Professor Supawan Tantayanon, Ph.D.)

.....Thesis Advisor
(Associate Professor Sophon Roengsumran, Ph.D.)

.....Thesis Co-advisor
(Mrs.Ratanavalee In-Ochanon)

.....Member
(Assistant Professor Amorn Petsom, Ph.D.)

Nattaya Ngamrojanavanich .....Member
(Nattaya Ngamrojanavanich, Ph.D.)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ศิริชัย บุรวรรนินท์ : ผลของน้ำมันฟูเซลต่อสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนจากไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล (EFFECT OF FUSEL OIL ON POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS FROM EXHAUST EMISSION OF DIESEL ENGINE) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. โสภณ เรืองสำราญ, อ. ที่ปรึกษาร่วม : นางรัตนาวลี อินโอชานนท์, 79 หน้า. ISBN 974-332-232-9.

น้ำมันฟูเซลเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียงจากกระบวนการหมักเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์ การศึกษาทาง แก๊สโครมาโตกราฟีและแมสสเปกโตรเมทรี พบว่าน้ำมันฟูเซลประกอบด้วยแอลกอฮอล์, อีเทอร์, และไซโคลเพนเทน ในงานวิจัยนี้ได้นำน้ำมันฟูเซลที่ระดับความเข้มข้น 2, 4, 6, 8, และ 10 เปอร์เซนต์โดยปริมาตร มาผสมกับน้ำมันดีเซลพื้นฐาน น้ำมันผสมที่เตรียมได้ถูกนำมาทดสอบกับเครื่องยนต์อีซูซุรุ่น 4JA 1L ที่ระดับความเร็ว 800, 1600, และ 2400 รอบต่อนาที เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำมันฟูเซลที่มีต่อปริมาณสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนจากไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล ตัวอย่างไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซลจะถูกนำมาสกัดสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนด้วยวิธีการสกัดแบบซอกฮ์เลท และวิเคราะห์หาปริมาณสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ สารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่พบมี 9 ชนิด คือ แนฟทาลีน, อะซีแนฟทิลีน, อะซีแนฟทีน, ฟลูออลีน, ฟีแนนทรีน, แอนทราซีน, ฟลูออแรนทีน, ไพรีน, และ เบนโซ(บี)ฟลูออแรนทีน

พบว่าปริมาณสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนจากตัวอย่างไอเสียของน้ำมันดีเซลพื้นฐานที่ระดับความเร็ว 800 รอบต่อนาที มีค่า 32.12 ppm. โดยปริมาณสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนจะลดลงเหลือ 28.96 ppm. เมื่อใช้น้ำมันผสมที่มีปริมาณน้ำมันฟูเซล 10 เปอร์เซนต์โดยปริมาตร และทดสอบในเครื่องยนต์ที่ระดับความเร็ว 2400 รอบต่อนาที การศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันผสมตามมาตรฐาน ASTM ให้ค่า จุดวาบไฟต่ำ, จุดกลั่นตัวต่ำ, และ ปริมาณน้ำสูง

ภาควิชา — ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวเพียงแผ่นเดียว

3971840123 : MAJOR PETROCHEMISTRY
KEY WORD: DIESEL ENGINE / POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS / PAHS / FUSEL OIL / NAPHTHALENE / ACENAPHTHYLENE / ACENAPHTHENE / FLUORENE / PHENANTHRENE / ANTHRACENE / FLUORANTHENE / PYRENE / BENZO(B)FLUORANTHRENE
SIRICHAI BURAVANNINT : EFFECT OF FUSEL OIL ON POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS FROM EXHAUST EMISSION OF DIESEL ENGINE. THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. SOPHON ROENGSUMRAN, Ph.D. THESIS CO-ADISOR : MRS.RATANAVALEE IN-OCHANON. 79 pp. ISBN 974-332-232-9.

Fusel oil is a by-product from alcoholic fermentation. GC-MS study shows that fusel oil consist of alcohols, ether, and cyclopentane. A based diesel oil was blended with 2, 4, 6, 8, and 10 % V/V of fusel oil. Blended fuels were tested with the 4JA 1L ISUZU diesel engine for studying the effect of fusel oil on PAHs. The engine speed was varied at 800, 1600, and 2400 rpm. All exhaust emission samplings were extracted and analyzed for PAHs by GC. It was found that 9 species of PAHs including naphthalene, acenaphthylene, acenaphthene, fluorene, phenanthrene, anthracene, fluoranthene, pyrene, benzo(b)fluoranthene were found in exhaust emission.

The amount of PAHs found when use a based diesel oil at the engine speed of 800 rpm is 32.12 ppm. However, 28.96 ppm of PAHs was found when blended fuel containing 10%V/V of fusel oil was used in the diesel engine and the engine speed was 2400 rpm. The physical properties of the blended fuel were tested following the ASTM methods and found that the blended fuel has low flash point, low distillation point, and high water content.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา ปิโตรเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to use this opportunity thanks his teachers and persons who advise and support everything in this research. Thanks for Associate Professor Dr. Sophon Roengsumran, my advisor, who advises and takes care the author during this research was progressed. Thanks for Assistant Professor Dr. Amorn Petsom who advises all regarding and finds every accessories.

The author would like to special thank the Petroleum Authority of Thailand, for their help in permitting use the equipment and for their support during this research. Thanks the ISUZU group foundation for donating the ISUZU diesel engine

Finally, the author would like to gave this research to my family and my father who was passed away for his support throughout his entire education.

CONTENTS

Page

ABSTRACT IN THAI..... iv

ABSTRACT IN ENGLISH..... v

ACKNOWLEDGEMENT..... vi

CONTENTS..... vii

LIST OF TABLES..... ix

LIST OF FIGURES..... x

ABBREVIATIONS..... xiv

CHAPTER

1. INTRODUCTION..... 1
2. THEORY AND LITERATURE REVIEW
   - 2.1 Formation of PAHs..... 3
   - 2.2 Analysis of PAHs from exhaust emission..... 5
   - 2.3 Literature review..... 5
3. EXPERIMENTAL
   - 3.1 Apparatus, Chemicals and Materials..... 8
   - 3.2 Test engine..... 10
   - 3.3 Purification of fusel oil..... 10
   - 3.4 Engine operation and collected exhaust sampling..... 10
   - 3.5 Sample analysis..... 12
   - 3.6 Data evaluation 13
4. RESULT AND DISCUSSION
   - 4.1 Identification of fusel oil..... 17
   - 4.2 Identification of PAHs..... 18
   - 4.3 Properties of diesel fuel..... 20
   - 4.4 Effect of engine speed on PAHs..... 22
   - 4.5 Effect of concentration of fusel oil on PAH.s..... 24

5. CONCLUSION AND SUGGESTION..... 32
5.1 conclusion..... 32
5.2 suggestion..... 33
REFERENCES..... 34
APPENDIX A..... 37
APPENDIX B..... 46
APPENDIX C..... 66
APPENDIX D..... 77
VITA..... 79

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLE

TABLE Page

3.1 Characteristics of diesel engine..... 10

4.1 The components of fusel oil by normal atmospheric distillation..... 17

4.2. Comparison of retention time of standard PAHs..... 18

4.3. Molecular weight, retention time and detection limit of standard PAHs..... 19

4.4. Percent recovery of standard PAHs..... 20

4.5. Properties of base diesel oil and base diesel oil blended with fusel oil..... 21

4.6 The amount of PAHs in base diesel fuel exhaust emission at 800, 1600, 2400 rpm of diesel engine..... 26

4.7 Effect of concentration of fusel oil on total PAHs in exhaust emission at 800, 1600, 2400 rpm of diesel engine... 29

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURE

FIGURE Page

2.1 Schematic of stepwise synthesis of benzo(a)pyrene..... 3

2.2 Ring structure of classified PAHs..... 4

3.1 Sampling system..... 11

3.2 Pressure performance curve for measuring volume of exhaust emission..... 14

4.1 The effect of fusel oil on naphthalene in diesel exhaust at different engine speeds..... 24

4.2 The effect of fusel oil on acenaphthylene in diesel exhaust at different engine speeds..... 25

4.3 The effect of fusel oil on acenaphthene in diesel exhaust at different engine speeds..... 25

4.4 The effect of fusel oil on fluorene in diesel exhaust at different engine speeds..... 26

4.5 The effect of fusel oil on phenathrene in diesel exhaust at different engine speeds..... 26

4.6 The effect of fusel oil on anthracene in diesel exhaust at different engine speeds..... 27

4.7 The effect of fusel oil on fluoranthene in diesel exhaust at different engine speeds..... 27

4.8 The effect of fusel oil on pyrene in diesel exhaust at different engine speeds..... 28

4.9 The effect of fusel oil on benzo(b)fluoranthene in diesel exhaust at different engine speeds..... 28

4.10 The effect of concentration of fusel oil on total PAHs in exhaust emission at different engine speeds..... 30

A-1 Calibration curve of naphthalene..... 38

A-2 Calibration curve of acenaphthylene..... 38

LIST OF FIGURE(continued)

FIGURE Page

A-3 Calibration curve of acenaphthene..... 39
A-4 Calibration curve of fluorene..... 39
A-5 Calibration curve of phenanthrene..... 40
A-6 Calibration curve of anthracene..... 40
A-7 Calibration curve of fluoranthene..... 41
A-8 Calibration curve of pyrene..... 41
A-9 Calibration curve of benz[a]anthracene..... 42
A-10 Calibration curve of chrysene..... 42
A-11 Calibration curve of benzo[b]fluoranthene..... 43
A-12 Calibration curve of benzo[k]fluoranthene.....43
A-13 Calibration curve of benzo[a]pyrene..... 44
A-14 Calibration curve of indeo[1, 2, 3-cd]pyrene..... 44
A-15 Calibration curve of dibenzo[a, k]anthracene..... 45
A-16 Calibration curve of benzo(ghi)perylene..... 45
B-1 The chromatogram of Standard PAHs..... 47
B-2 The chromatogram of exhaust emission of base diesel oil at 800 rpm of engine speed.....48
B-3 The chromatogram of exhaust emission of 2 % fusel oil blended base diesel oil at 800 rpm of engine speed..... 49
B-4 The chromatogram of exhaust emission of 4 % fusel oil blended base diesel oil at 800 rpm of engine speed..... 50
B-5 The chromatogram of exhaust emission of 6 % fusel oil blended base diesel oil at 800 rpm of engine speed..... 51
B-6 The chromatogram of exhaust emission of 8 % fusel oil blended base diesel oil at 800 rpm of engine speed..... ... 52
B-7 The chromatogram of exhaust emission of 10 % fusel oil blended base diesel oil at 800 rpm of engine speed..... 53

LIST OF FIGURE(continued)

FIGURE Page

B-8 The chromatogram of exhaust emission of base diesel oil at 1600 rpm of engine speed..... 54
B-9 The chromatogram of exhaust emission of 2 % fusel oil blended base diesel oil at 1600 rpm of engine speed.....55
B-10 The chromatogram of exhaust emission of 4 % fusel oil blended base diesel oil at 1600 rpm of engine speed.....56
B-11 The chromatogram of exhaust emission of 6 % fusel oil blended base diesel oil at 1600 rpm of engine speed.....57
B-12 The chromatogram of exhaust emission of 8 % fusel oil blended base diesel oil at 1600 rpm of engine speed.....58
B-13 The chromatogram of exhaust emission of 10 % fusel oil blended base diesel oil at 1600 rpm of engine speed.....59
B-14 The chromatogram of exhaust emission of base diesel oil at 2400 rpm of engine speed.....60
B-15 The chromatogram of exhaust emission of 2 % fusel oil blended base diesel oil at 2400 rpm of engine speed.....61
B-16 The chromatogram of exhaust emission of 4 % fusel oil blended base diesel oil at 2400 rpm of engine speed.....62
B-17 The chromatogram of exhaust emission of 6 % fusel oil blended base diesel oil at 2400 rpm of engine speed.....63
B-18 The chromatogram of exhaust emission of 8 % fusel oil. blended base diesel oil at 2400 rpm of engine speed.....64
B-19 The chromatogram of exhaust emission of 10 % fusel oil blended base diesel oil at 2400 rpm of engine speed..... 65
C-1 The ^{13}C-NMR spectra of the fusel oil by normal atmospheric distillation.....67

LIST OF FIGURE(continue)

FIGURE Page

C-2 The ^{13}C-NMR spectra of the viscous residue by normal atmospheric distillation..... 68
C-3 The chromatogram of distilled fusel oil 69
C-4 The mass spectra of 1,2,3-trimethyl cyclopentane..... 70
C-5 The mass spectra of 2-methyl-2-penten-1-ol..... 71
C-6 The mass spectra of 3-methyl-2-pentanol..... 72
C-7 The mass spectra of hexyl methyl ether..... 73
C-8 The mass spectra of 3-hexen-1-ol..... 74
C-9 The mass spectra of 2,3-dimethyl-1-pentanol..... 75
C-10 The mass spectra of 3-methyl-2-hexanol..... 76

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ABBREVIATIONS

PAHs	=	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
CO	=	Carbon monoxide
SO_2	=	Sulfur dioxide
NO_x	=	Oxide of nitrogen
DNA	=	Deoxy Ribonucleic Acid
RNA	=	Ribonucleic Acid
HPLC	=	High Pressure Liquid Chromatograph
GC	=	Gas Chromatograph
GC-MS	=	Gas Chromatograph and Mass Spectrograph
U.S.EPA	=	U.S. Environmental Protection Agency
SIM	=	Selected Ion Monitoring
MW	=	Molecular Weight
rpm	=	round per minute

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย