# BIOFUEL PRODUCTION FROM PALM OIL BY USING MICROEMULSION TECHNIQUE

**Miss Jutatip Ploysrimongkol**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements**
**for the Degree of Master of Science Program in Environmental Management**
**(Interdisciplinary Program)**
**Graduate School**
**Chulalongkorn University**
**Academic Year 2007**

**Copyright of Chulalongkorn University**

# การผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลจากน้ำมันปาล์มโดยใช้เทคนิคไมโครอีมัลชัน

นางสาวจุฑาธิป พลอยศรีมงคล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

501349

| | |
|---|---|
| Thesis Title | BIOFUEL PRODUCTION FROM PALM OIL BY USING MICROEMULSION TECHNIQUE |
| By | Miss Jutatip Ploysrimongkol |
| Field of study | Environmental Management |
| Thesis Principal Advisor | Chantra Tongcumpou, Ph.D. |

---

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

..... Dean of the Graduate School
(Assistant Professor M.R. Kalaya Tingsabadh, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

..... Chairperson
(Assistant Professor Manaskorn Rachakornkij, Ph.D.)

..... Thesis Principal Advisor
(Chantra Tongcumpou, Ph.D.)

..... Member
(Punjaporn Weschayanwiwat, Ph.D.)

..... Member
(Assistant Professor Apanee Luengnaruemitchai, Ph.D.)

..... External Member
(Subongkoj Topaiboul, Ph.D.)

จุฑาธิป พลอยศรีมงคล: การผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลจากน้ำมันปาล์มโดยใช้เทคนิคไมโครอีมัลชัน. (BIOFUEL PRODUCTION FROM PALM OIL BY USING MICROEMULSION TECHNIQUE) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: จันทรา ทองคำเภา, 108 หน้า.

ปัจจุบันน้ำมันไบโอดีเซลได้รับความสนใจอย่างมากเพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนเนื่องจากราคาน้ำมันปิโตรเลียมที่สูงขึ้น นอกจากนี้น้ำมันไบโอดีเซลยังมีข้อดีจากการช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมอันเนื่องจากปลดปล่อยไอเสียจากการเผาไหม้น้อยกว่าน้ำมันปิโตรเลียม ขบวนการผลิตน้ำมันหรือเชื้อเพลิงจากน้ำมันพืช มีหลายวิธีการ ไมโครอีมัลชันเป็นวิธีการหนึ่ง โดยไมโครอีมัลชันคือระบบของการผสมสารละลายต่างวัฏภาคให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้สารลดแรงตึงผิว และแอลกอฮอล์ทำหน้าที่เป็นตัวประสานการละลายระหว่างน้ำมันและน้ำ วิธีไมโครอีมัลชันนี้นับว่าเป็นวิธีที่ง่ายในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ใช้พลังงานน้อยมาก และไม่เกิดผลผลิตพลอยได้หลังจากกระบวนการผลิต ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้นำเทคนิคไมโครอีมัลชันมาใช้เพื่อการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งประกอบ ด้วยน้ำมันพืชปาล์ม สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ เอทานอลแอลกอฮอล์ และน้ำ ซึ่งเรียกว่า MB100 และเพื่อให้ได้ MB100 ซึ่งมีอัตราส่วนที่เหมาะสมขององค์ประกอบต่างๆ เพื่อนำไปศึกษาคุณสมบัติและประสิทธิภาพในการขับเคลื่อนในขั้นตอนต่อไป จำเป็นต้องมีการศึกษาวัฏภาคของสามองค์ประกอบในแผนภูมิสามเหลี่ยม (Ternary Diagram) ซึ่งผลการศึกษาวัฏภาคพบว่า อัตราส่วนระหว่างแอลกอฮอล์ต่อสารลดแรงตึงผิวที่ 0.5 โดยน้ำหนัก นั้น ให้พื้นที่ของการเกิดสารละลายเนื้อเดียวกันมากที่สุด และส่วนผสมของน้ำมันไมโครอีมัลชันไบโอฟูเอลที่ประกอบด้วยน้ำมันปาล์ม 95 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก สารลดแรงตึงผิวต่อแอลกอฮอล์ที่อัตราส่วน 0.5 ในปริมาณ 4.95 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และน้ำ 0.05 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเป็นส่วนผสมที่เกิดเป็นสารละลายเนื้อเดียวกัน และน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมดังกล่าวจะเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่เรียกว่า ไมโครอีมัลชันไบโอฟูเอล หรือMB100 และเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ที่นำมาศึกษาคุณสมบัติและประสิทธิภาพในขั้นตอนต่อไป นอกจาก MB100 แล้ว การศึกษาครั้งนี้ยังได้เตรียมน้ำมันผสมระหว่าง MB 100 กับปิโตรเลียมดีเซลที่อัตราส่วน 20:80 และ 5:95 เรียกว่า MB20 และ MB5 ตามลำดับ และนำมาศึกษาถึงคุณสมบัติตามมาตรฐาน ASTM ประสิทธิภาพและการปล่อยสารมลพิษ ด้วยเช่นกัน ผลการทดสอบในเรื่องของคุณสมบัติพบว่า น้ำมันไมโครอีมัลชันไบโอฟูเอลทั้ง 3 ชนิด (MB100, MB20 และ MB5) มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับปิโตรเลียมดีเซลและทรานเอสเตอร์ริฟิเคชันไบโอดีเซล ผลการทดสอบเรื่องประสิทธิภาพและการปล่อยสารมลพิษพบว่า น้ำมันไมโครอีมัลชันไบโอฟูเอลทั้ง 3 ชนิด มีประสิทธิภาพในการขับเคลื่อนใกล้เคียงกับปิโตรเลียมดีเซล และปล่อยสารมลพิษน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปิโตรเลียมดีเซล นอกจากนี้ การศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าน้ำมันไมโครอีมัลชันไบโอฟูเอล MB100 MB20 และ MB5 มีความเสถียรต่อการเปลี่ยนแปลงต่ออุณหภูมิระหว่าง 20-70 องศาเซลเซียส

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต.....จุฑาธิป พลอยศรีมงคล.....

ปีการศึกษา 2550 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

## 4989413220 : MAJOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT
KEY WORD: MICROEMULSION / BIODIESEL / BIOFUEL / PALM OIL / PSEUDO-TERNARY DIAGRAM / PERFORMANCE / EMISSION

JUTATIP PLOYSRIMONGKOL: BIOFUEL PRODUCTION FROM PALM OIL BY USING MICROEMULSION TECHNIQUE. THESIS PRINCIPAL ADVISOR: CHANTRA TONGCUMPOU, 108 pp.

Biofuel is becoming more attractive because of the rising crude oil price and its environmental benefits from its renewability and less greenhouse pollutants generation. Microemulsion is a system of homogeneous phase combining of oil, water, surfactant and cosurfactant. In biodiesel preparation, microemulsion occurs by facilitating fatty acids, a major component of vegetable oils, to cooperate with the surfactant and cosurfactant and very small amount of water to form a transparent homogeneous phase called microemulsion fuel. This technique is simple and low energy needed for the process. In addition, there is no by-product generated. The microemulsion biofuel from this study was called MB100, which contained a cosurfactant, a nonionic surfactant, water, and palm oil. To obtain the composition for MB100 for further study on properties and performance, ternary phase diagrams were prepared in order to obtain the suitable ratio of microemulsion biofuel. In the phase study, the results show that a cosurfactant/surfactant ratio or C/S ratio of 0.5 produced a larger area of homogeneous transparent solution in ternary phase diagram. Using this ratio, a fuel composition of 95% palm oil, 4.95% C/S at a ratio of 0.5, and 0.05% water by weight was able to produce homogeneous solution microemulsion biofuel. At this composition, the product was selected for properties and performance study. Besides MB100, two fuel blends of MB100 and diesel at ratios of 20:80 and 5:95, called MB20 and MB5 were also evaluated. The fuel properties were tested following the ASTM method for their performance and their exhaust emissions of the three types of microemulsion biofuel were also determined. The fuel properties tests revealed that the microemulsion biofuels (i.e., MB100, MB20 and MB5) could meet petroleum diesel and biodiesel property standards. For fuel performance tests and exhaust emission measurements, the results showed that the microemulsion biofuels were performed similar to those of conventional diesel fuel and produced less exhaust emissions as compared to petroleum diesel. In addition to those evaluations, our products MB100, MB20 and MB5 were also found to be able to maintain their stability in the temperature range of 20-70°C.

Field of study: Environmental Management Student's signature: ....จุฑาธิป พลอยเกรียมกล

Academic year: ..2007..... Principal Advisor's signature: .....

# ACKNOWLEDGEMENTS

This thesis would not have been possible without the support of many people. Firstly, I would like to express my grateful appreciation and gratitude to my advisor, Dr. Chantra Tongcumpou. She helped me for providing information, recommended and encourage throughout this research work.

I also would like to express my appreciation and sincere gratitude to Dr. Manasakorn Rachakornkij who is the chairman of the committee, Dr. Punjaporn Weschayanwiwat, Dr.Apanee Luengnaruemitchai and Dr. Subongkoj Topaiboul who are committee for their suggestion and recommendation throughout this research work.

This thesis has been made possible thanks to the scholarship, funding and supporting facilities of the National Center of Excellence for Environmental and Hazardous Waste Management (NCE-EHWM) and funding from the Graduate School for conducting the research.

I would like to specially thank to National Metal and Materials Technology Center for supporting the instrument for analysis of microemulsion biodiesel production fuel.

Moreover, I would like to thanks to Miss Chantana Intim and all staffs at NCE-EHWM program for their help to facilities of work.

Furthermore, I would like to thanks all my friends at NCE-EHWM for their help, suggestion and listen to me when I was in trouble.

Finally, I would like to express my deep appreciation and gratitude to my family for their love, caring, encouragement during entire study.

# CONTENTS

page

Abstract (in Thai)....iv
Abstract (in English)....v
Acknowledgements....vi
Contents....vii
List of Tables....x
List of Figures....xi
List of Abbreviations....xiii

CHAPTER

I INTRODUCTION....1
1.1 Introduction....1
1.2 Objectives of the Study....3
1.3 Hypotheses....4
1.4 Scope of the Study....4

II THEORECTICAL BACKGROUND AND LITERATURE REVIEW....5
2.1 Biofuel....5
2.2 Palm oil....5
2.3 Alternative Fuel for Diesel Production Processes....7
2.3.1 Direct Use and Blending....7
2.3.2 Pyrolysis Technique....7
2.3.3 Transesterification Technique....8
2.3.4 Microemulsion Technique....9
2.4 Surfactant....10
2.5 Solubilization....10
2.6 Microemulsion....11
2.7 Diesel Engine Operation....11

page

CHAPTER

2.8 Literature review.....14

III METHODOLOGY.....18

3.1 Chemicals and Materials.....19

3.1.1 Surfactant.....19

3.1.2 Palm oil.....19

3.1.3 Cosurfactant.....19

3.1.4 Water.....20

3.1.5 Petroleum Diesel.....20

3.2 Phase Behavior Study and Pseudo-Ternary Diagrams.....20

3.3 Stability Study of the Microemulsion Biofuel.....22

3.4 Properties of the Microemulsion Biofuel and Its Blends.....22

3.5 Performance Study of Microemulsion Biofuel and Its Blends.....24

3.5.1 Instruments for Testing.....24

3.5.2 Testing Methods.....27

IV RESULTS AND DISCUSSIONS.....30

4.1 Microemulsion Area in the Pseudo-Ternary Diagram.....30

4.2 Properties of the Microemulsion Biofuel and Its Blends.....33

4.3 The Stability of Microemulsion Biofuel.....37

4.4 The Performance on Diesel Engine Operation.....43

4.4.1 The Operation Performance.....43

4.4.2 The Exhaust Emissions of the Diesel Engine Operation.....46

4.5 Microemulsion Biofuel Application.....54

page

CHAPTER

V CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS ..... 56
5.1 Conclusions ..... 56
5.2 Recommendations ..... 57

REFERENCES ..... 58

APPENDICES ..... 62
APPENDIX A ..... 63
APPENDIX B ..... 64
APPENDIX C ..... 104

BIOGRAPHY ..... 108

# LIST OF TABLES


| Table | | page |
|---|---|---|
| 2.1 | Fatty Acid Compositions of Palm Oil | 6 |
| 2.2 | The Properties of Palm Kernel Oil Biodiesel and Petroleum Diesel | 9 |
| 2.3 | Important Characteristics of Diesel Fuel | 12 |
| 2.4 | Standard Properties of Petroleum Diesel and Biodiesel | 14 |
| 3.1 | Physical and Chemical Properties of the Studied Surfactant | 19 |
| 3.2 | The Physical and Chemical Properties of Absolute Ethanol Alcohol | 20 |
| 3.3 | The Parameters and Testing Methods of the Biodiesel | 23 |
| 3.4 | Exhausted Gas Analyses | 29 |
| 4.1 | The Fuel Properties of Microemulsion Biofuel and Its Blends | 34 |
| 4.2 | Stability of the Microemulsion Biofuel at a C/S ratio of 0.5 | 40 |
| 4.3 | Stability of the Microemulsion Biofuel at a C/S ratio of 0.75 | 40 |
| 4.4 | Stability of the Microemulsion Biofuel at a C/S ratio of 1.0 | 41 |
| 4.5 | Stability of the Microemulsion Biofuel at a C/S ratio of 1.25 | 41 |
| 4.6 | Stability of the Microemulsion Biofuel-Diesel Blends | 42 |

# LIST OF FIGURES

**Figure** **page**


2.1 Transesterification of Triglycerides with Alcohol.....8

2.2 Structure of a Surfactant Molecule.....10

3.1 Flow Diagram of the Experimental Procedure.....18

3.2 Pseudo-Ternary Diagram.....21

3.3 Determination of the Microemulsion Area.....22

3.4 The Instruments for Analyzing Fuel Properties:
(a) a Tirando Automatic Potentiometric Titratior;
(b) an ACR-M3 Micro Carbon Residue Tester;
(c) an ISL CPP 5Gs Cloud & Pour Point Tester;
(d) an APM-7 Pensky-Martens Closed Cup Tester ;
(e) an AC-350 Automatic Calorimeter;
(f) a Cannon mini-AV Automated Kinematic Viscometer; and
(g) a SETA Model 11400-6 Copper/Silver Corrosion Bath.....24

3.5 Diesel Engine Connect to Generator.....25

3.6 Electric Light, Fuel Consumption Measurement, and
Temperature Measurement.....25

3.7 Exhaust Gas Analyzer.....26

3.8 Smoke Meter.....26

3.9 Tachometer.....26

4.1 Ternary Phase Diagram of the System Consisting of
Coconut Fatty Acid Diethanolamine/Absolute Ethanol
(Cosurfactant/surfactant: C/S), Water and Refined palm oil
at Different Ratios of C/S; (a) C/S = 0.5, (b) C/S = 0.75,
(c) C/S = 1.0, (d) C/S = 1.25.....32

4.2 Viscosity Variations with Shear Rates for Neat Fat,
Methanol and Ethanol Emulsion.....32

4.3 Brake Power of the Tested Fuels at Various Engine Speeds (rpm)...44

4.4 Torque of the Tested Fuels at Various Engine Speeds (rpm).....44

**Figure** **page**


4.5 Engine Torque Output versus Engine Speed Using Water-in-Diesel Emulsion as Fuel.....45

4.6 Fuel Consumptions of the Tested Fuels at Various Engine Speeds (rpm).....46

4.7 Black Smoke of the Tested Fuels at Various Engine Speeds (rpm).....48

4.8 Nitrogen Oxides of the Tested Fuels at Various Engine Speeds (rpm).....48

4.9 Total Hydrocarbons of the Tested Fuels at Various Engine Speeds (rpm).....49

4.10 Carbon Monoxide Produced by the Tested Fuels at Various Engine Speeds (rpm).....51

4.11 Carbon Dioxide Emissions of the Tested Fuels at Various Engine Speeds (rpm).....52

4.12 Oxygen of Various Tested Fuels at Various Engine Speeds (rpm).....53

4.13 Airs to Fuel Ratios of the Tested Fuels at Various Engine Speeds (rpm).....53

# LIST OF ABBREVIATIONS

| | |
|---|---|
| NaOH | Sodium hydroxides |
| KOH | Potassium Hydroxides |
| μm | Micrometer |
| ° C | Degree Celsius |
| min | Minimum |
| max | Maximum |
| ASTM | American Standard Testing Method |
| HLB | Hydrophile Lipophile Balance |
| AFR | Air to fuel ratio |
| THC | Total hydrocarbon |
| CO | Carbon monoxides |
| $CO_2$ | Carbon dioxides |
| $NO_x$ | Nitrogen oxides |
| $O_2$ | Oxygen |
| cst | Centistokes |
| % wt | Percentage weight by weight |

# LIST OF ABBREVIATIONS

| | |
|---|---|
| MB | Microemulsion biofuel |