LIFE-CYCLE ENERGY AND ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF BIO-OIL PRODUCTION FROM RICE STRAW AND *LEUCAENA LEUCOCEPPHALA* IN THAILAND

Kittikun Niracharopas

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
Case Western Reserve University, and Institut Français du Pétrole
2011

Thesis Title:	Life-Cycle Energy and Environmental Analysis of Bio-Oil Production from Rice Straw and *Leucaena Leucocepphala* in Thailand
By:	Kittikun Niracharopas
Program:	Petroleum Technology
Thesis Advisors:	Asst. Prof. Pomthong Malakul
	Asst. Prof. Manit Nithitanakul

Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.

..... College Dean

(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

Thesis Committee:

.....

(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

.....

(Asst. Prof. Manit Nithitanakul)

.....

(Asst. Prof. Kitipat Siemanond)

.....

(Dr. Kunn Kangvansaichol)

ABSTRACT

5273004063: Petroleum Technology Program
Kittikun Niracharopas: Life-Cycle Energy and Environmental Analysis of Bio-Oil Production from Rice Straw and *Leucaena leucocepphala* in Thailand
Thesis Advisors: Asst. Prof. Pomthong Malakul and Asst. Prof. Manit Nithitanakul 96 pp.
Keywords: Life Cycle Assessment (LCA)/Life Cycle Energy (LCEA)/Bio-oil/ Fast pyrolysis/Rice straw/ *Leucaena leucocepphala*/Thailand

In this study, the life-cycle energy and environmental assessment was conducted for bio-oil production from fast pyrolysis process using rice straw and *leucaena leucocepphala* in Thailand. The bio-oil product was targeted to be used as green crude for the refinery. The system boundary covered four stages: raw material plantation and harvesting, transportation, pyrolysis, and upgrading process. The input–output data of plantation were collected at actual plantation sites. For rice straw, it was considered in 2 cases: as waste and as a by-product where economic allocation was required. Since there is no commercial plant in Thailand, data for fast pyrolysis and bio-oil upgrading processes were retrieved from literature and pilot plant. The results were compared with conventional fuels and biofuels based on 1 ton oil equivalent (toe). From the energy analysis, net energy ratios (NER) indicated a net energy gain for both feedstocks with an energy ratio higher than 1. In addition, the NER would be even higher (> 5.0) if heat integration and heat recovery could be applied to the upgrading process. For the environmental performance, the cradle-to-gate results show that the upgrading stage contributes most to the environmental impact which is due to the intensive use of electricity and steam in the process.

บทคัดย่อ

กิตติคุณ นิรชโรภาส : การวิเคราะห์การใช้พลังงานและผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอออยล์จากฟางข้าวและต้นกระถินยักษ์ในประเทศไทย (Life-cycle energy and environmental analysis of bio-oil production from rice straw and *leucaena leucocepphala* in Thailand) อ. ที่ปรึกษา: ผศ. ดร. ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา และ ผศ. ดร. มานิตย์ นิธิธนากุล 96 หน้า

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการวิเคราะห์การใช้พลังงานและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตไบโอออยล์ด้วยกระบวนการไพโรไลซิสแบบเร็วโดยใช้ฟางข้าวและต้นกระถินยักษ์ในประเทศไทย โดยมีเป้าหมายที่จะนำไบโอออยล์ที่ผลิตได้ไปใช้เป็นน้ำมันดิบสำหรับป้อนเข้าโรงกลั่น ขอบเขตการศึกษาครอบคลุม 4 ขั้นตอน คือ การเพาะปลูกวัตถุดิบและการเก็บเกี่ยว การขนส่ง กระบวนการไพโรไลซิส และกระบวนการอัพเกรด บัญชีรายการสารขาเข้าและขาออกของขั้นตอนการเพาะปลูกนั้นได้ทำการเก็บข้อมูลจากพื้นที่จริง ในกรณีของฟางข้าว ได้แบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 กรณี คือ เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการปลูกข้าว และเป็นผลพลอยได้ซึ่งใช้วิธีการปันส่วนแบบเศรษฐศาสตร์ สำหรับข้อมูลที่ใช้ศึกษาในขั้นตอนการผลิตไบโอออยล์โดยวิธีไพโรไลซิสแบบเร็วและกระบวนการอัพเกรดไบโอออยล์นั้น ถูกนำมาจากงานวิจัยที่มีการตีพิมพ์เนื่องจากยังไม่มีโรงงานผลิตไบโอออยล์เชิงพาณิชย์ในประเทศไทย ผลจากการวิเคราะห์ได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงธรรมดาและน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพในหน่วย 1 ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ผลการศึกษาจากการวิเคราะห์การใช้พลังงานพบว่า การผลิตไบโอออยล์จากวัตถุดิบทั้งสองให้ค่าพลังงานสุทธิเชิงบวก นอกจากนั้นยังพบว่า หากนำวิธีการบูรณาการเชิงความร้อนและการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่มาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนอัพเกรดไบโอออยล์ จะทำให้อัตราส่วนพลังงานสุทธิมีค่าสูงขึ้น (>5) ผลการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในส่วน cradle-to-gate แสดงให้เห็นว่า ในขั้นตอนการอัพเกรดไบโอออยล์ส่งผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเนื่องมาจากการใช้ไฟฟ้าและไอน้ำร้อนในปริมาณสูง

ACKNOWLEDGEMENTS

This accomplishment of the thesis can be made with the assistance and support of many persons involved. Firstly, I would like to express my sincere gratitude to Asst. Prof. Pomthong Malakul, my advisor, and Asst. Prof. Manit Nithitanakul, my co-advisor, for providing invaluable knowledge, creative comments, untouchable experience in classroom. and kind support throughout this research work.

I would like to thank Asst. Prof. Kitipat Siemanond and Dr. Kunn Kangvansaichol for being my thesis committee. Their suggestions and comments are very beneficial for me and this work.

In addition, my thanks go to the National Metal and Materials technology Center (MTEC) for their technical. I would like to thanks Mr. Seksan Papong and Ms.Chantima Rewlay-ngoen, for their consultation and data information required for research thought out the time.

I wish to extend my appreciation to Dr. Sayan Tudsri and many people from A plus power Co., Ltd who welcomed warmly and provided special knowledge for *leucaena leucocepphala* plantation.

This thesis work is funded by the Petroleum and Petrochemical College, the National Center of Excellence for Petroleum, Petrochemicals, and Advanced Materials, Thailand, and Petroleum Thailand Public Company Limited (PTT Plc).

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER **PAGE**

CHAPTER **PAGE**

LIST OF TABLES

TABLE **PAGE**

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**