LIFE CYCLE ASSESSMENT STUDY OF BIOFUEL PRODCUCTION FROM MICROALAGE IN THAILAND: A FOCUS ON ENERGY EFFICIENCY AND GLOBAL WARMING IMPACT REDUCTION

Pharawee Wibul

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
2012

Thesis Title:	Life Cycle Assessment Study of Biofuel Production from Microalgae in Thailand: A Focus on Energy Efficiency and Global Warming Impact Reduction
By:	Pharawee Wibul
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)

B. Kitiyanan

.....

(Asst. Prof. Boonyarach Kitiyanan)

.....

(Dr. Kunn Kangvansaichol)

บทคัดย่อ

ภาระวี วิบูลย์ : การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากสาหร่ายขนาดเล็กในประเทศไทย: ความคุ้มค่าทางพลังงานและการลดผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (Life Cycle Assessment Study of Biofuel Production from Microalgae in Thailand: A Focus on Energy Efficiency and Global Warming Impact Reduction) อ. ที่ปรึกษา: ผศ. ดร. ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา และ ผศ. ดร. มานิตย์ นิธิธนากุล 115 หน้า

งานวิจัยนี้ทำการประเมินการผลิตไบโอดีเซลจากสาหร่ายน้ำจืดขนาดเล็ก *Scenedesmus armatus* ด้วยเทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตตามมาตรฐาน ISO 14040 โดยเน้นถึงความคุ้มค่าทางพลังงาน (อัตราส่วนพลังงานสุทธิ) และผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (ศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน) ขอบเขตการศึกษาครอบคลุมวงจรชีวิตทั้งหมดของไบโอดีเซลจากสาหร่ายขนาดเล็กซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ การเพาะเลี้ยง การเก็บเกี่ยว การสกัดน้ำมัน และกระบวนการทรานส์เอสเตอร์ริฟิเคชัน จากการวิเคราะห์โดยมีหน่วยการศึกษาคือ ไบโอดีเซล 1 เมกะจูล พบว่าอัตราส่วนพลังงานสุทธิมีค่าเท่ากับ 0.34 สำหรับวิธีการปันส่วนเชิงมวล และมีค่าเท่ากับ 0.19 สำหรับวิธีการปันส่วนเชิงพลังงาน อัตราส่วนพลังงานสุทธิที่น้อยกว่า 1 ของทั้งสองวิธีแสดงให้เห็นถึงการขาดดุลพลังงานที่มีสาเหตุมาจากความต้องการทางพลังงานที่สูงในช่วงการเพาะเลี้ยงสาหร่าย อย่างไรก็ตามการศึกษาพบว่า การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสามารถช่วยลดผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนของไบโอดีเซลจากสาหร่ายได้ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลปกติและไบโอดีเซลที่ผลิตจากเรพซีดและถั่วเหลือง ซึ่งเป็นผลมาจากการที่สาหร่ายสามารถกักเก็บก๊าซเรือนกระจกสุทธิได้สูงถึง 25 เปอร์เซ็นต์ (กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) และจากการวิเคราะห์ความไวต่อตัวแปรพบว่าวิธีการปันส่วนมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อวงจรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลทั้งในด้านพลังงานและด้านสิ่งแวดล้อม

ABSTRACT

5373014063: Petroleum Technology Program
Pharawee Wibul: Life Cycle Assessment Study of Biofuel Production from Microalgae in Thailand: A Focus on Energy Efficiency and Global Warming Impact Reduction.
Thesis Advisors: Asst. Prof. Pomthong Malakul and Asst. Prof. Manit Nithitanakul 115 pp.
Keywords: Life Cycle Assessment (LCA)/ Biodiesel/ Microalgae/ Net Energy Ratio (NER)/ Global Warming Potential (GWP)/ Thailand

In this study, a life cycle assessment (LCA) technique based on ISO 14040 series was performed to evaluate the biodiesel production from freshwater microalgae *Scenedesmus armatus* in terms of energy efficiency (Net Energy Ratio or NER) and environmental impact (Global Warming Potential or GWP). The system boundary covered the entire life cycle of microalgae-based biodiesel which was divided into four distinct steps: cultivation, harvesting, oil extraction, and transesterification. Based on a functional unit of 1 MJ biodiesel, NER was found to be 0.34 and 0.19 for mass allocation and energy allocation, respectively. This energy deficit (NER<1) for both allocation methods was due to high energy input required to culture microalgae. However, CO_2 uptake in biomass agriculture leads to better performance in global warming potential (GWP) when compared to conventional diesel and biodiesel produced from rapeseed and soybean. This is a result of the cultivation process in which microalgae can fix up to 25 % of net greenhouse gas emissions (kg CO_2 equivalent). Sensitivity analysis showed that the allocation method had a significant influence on the life cycle energy and environmental performance of biodiesel production.

ACKNOWLEDGEMENTS

This thesis could not have been successfully completed without the great kindness and support of a number of people.

First and foremost, I would like to express my sincere gratitude to my advisor, Asst. Prof. Pomthong Malakul, and my co-advisor, Asst. Prof. Manit Nithitanakul, for their supervision and guidance. Sincere thanks must also be given to my thesis committees: Asst. Prof. Boonyarach Kitiyanan and Dr. Kunn Kangvansaichol for all of their useful comments and nice suggestions.

I would like to give a special thank to Assoc. Prof. Prasert Pavasant and all staffs at the Bio-Chemical Engineering Laboratory in Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering at Chulalongkorn University for their help in providing facilities and collecting data for my thesis work. You are all so friendly and patient with me. The special thank also goes to Mr. Seksan Papong for his advice and cooperation.

In addition, I would like to thank Mr. Sarun Ruckpanich for allowing me to teach him about life cycle assessment and biodiesel production from microalgae. A big contribution from his effort during one month is much appreciated. I am grateful for the scholarship and funding of the thesis work provided by the Petroleum and Petrochemical College, and by the Center of Excellence on Petrochemical and Materials Technology, Thailand.

Finally, I would really like to thank all PPC staffs and my friends for their help, support, and encouragement. I could not have done anything without all of you. Last but not least, thank you very much my father. You are everything for me.

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER **PAGE**

CHAPTER PAGE

CHAPTER **PAGE**

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**