LIFE CYCLE ENERGY AND EVIRONMENTAL ANALYSIS OF A MODEL BIOREFINERY IN THAILAND

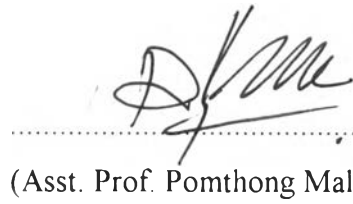
Rachasak Chinnawornrungsee

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
2013

I 2837 2967 561 055

Thesis Title:	Life Cycle Energy and Environmental Analysis of a Model Biorefinery in Thailand
By:	Rachasak Chinnawornrungsee
Program:	Petroleum Technology
Thesis Advisors:	Asst. Prof. Pomthong Malakul
	Assoc. Prof. Thumrongrut Mungcharoen

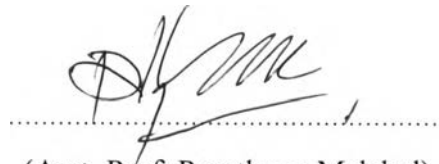
Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.



.....College Dean

(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

Thesis Committee:

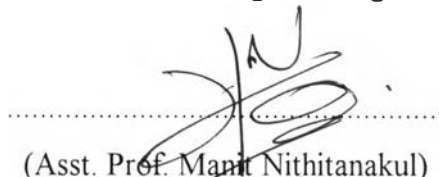


.....

(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

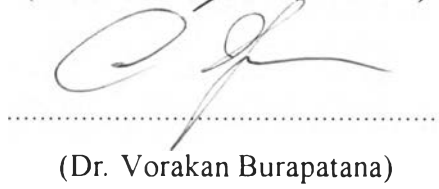
.....

(Assoc. Prof. Thumrongrut Mungcharoen)



.....

(Asst. Prof. Manit Nithitanakul)



.....

(Dr. Vorakan Burapatana)

ABSTRACT

5473018063: Petroleum Technology Program
Rachasak Chinnawornrungsee: Life Cycle Energy and Environmental Analysis of a Model Biorefinery in Thailand
Thesis Advisors: Asst. Prof. Pomthong Malakul and Assoc. Prof. Thumrongrut Mungcharoen, 125 pp.
Keywords: Life cycle analysis (LCA), Biorefinery

This study aims to evaluate life cycle energy and environmental impacts associated with the production of biofuel (bioethanol) and biopolymer (polylactic acid, PLA) by using sugarcane and cassava as feedstocks for a possible model biorefinery in Thailand. Since there is currently no biorefinery in the country, secondary data sources from existing bioethanol and PLA plants were used for life cycle analysis (LCA). The system boundary was defined as cradle-to-gate and LCA methodology based on ISO 14040 series was used. Data were analyzed by using commercial LCA software, SimaPro 7.1, with Eco-Indicator 95 and CML 2 baseline 2000. The biorefinery processes was modeled and its performance was evaluated in several aspects such as fuel and biopolymer production, raw materials used, and total revenue generated for various scenarios. The results indicated that the biorefinery showed better performance in both global warming potential (GWP) and energy resources with increasing sugarcane usage. This was due to the use of bagasse and biogas as sources of fuel to generate electricity and steam by using cogeneration system in the biorefinery. In contrast, increasing PLA production led to higher GWP and energy resources impacts because of high electricity and steam usage in the bioplastic production process. Moreover, acidification potential (AP) and eutrophication potential (EP) impacts were also added in the results. Finally, eco-efficiency parameter was developed in order to combine both environmental (GWP, AP, EP, and energy resources) and economic (revenue) aspects by using average revenue gained and average impact associated. Among 5 scenarios studied, the results showed that S4 was the best scenario as it has higher eco-efficiency in several aspects.

บทคัดย่อ

ราชศักดิ์ ชินวรรังสี : การศึกษาการประเมินผลกระทบด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของแบบจำลองของระบบโรงกลั่นชีวภาพในประเทศไทยตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Energy and Environmental Analysis of a Model Biorefinery in Thailand) อ. ที่ปรึกษา: ผศ. ดร. ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา และ รศ. ดร. ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ, 125 หน้า

งานวิจัยนี้ทำการประเมินผลกระทบด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ (ไบโอเอทานอล) และพลาสติกชีวภาพ (พอลิแลคติกเอซิด) โดยใช้อ้อยและมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบสำหรับแบบจำลองที่เป็นไปได้ของระบบโรงกลั่นชีวภาพในประเทศไทย เนื่องจากในขณะนี้ยังไม่มีระบบโรงกลั่นชีวภาพในประเทศ ดังนั้นข้อมูลทุติยภูมิจากโรงงานผลิตไบโอเอทานอล และโรงงานผลิตพอลิแลคติกเอซิด จึงถูกนำมาใช้ในการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต ขอบเขตของการศึกษานี้ครอบคลุมตลอดวัฏจักรของการผลิตผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยววัตถุดิบ การขนส่งวัตถุดิบ การแปรรูปวัตถุดิบ ตลอดจนการผลิตไบโอเอทานอลและการผลิตพอลิแลคติกเอซิด โดยใช้วิธีการประเมินตามมาตรฐานสากล ISO 14040 ข้อมูลต่างๆ ที่เก็บรวบรวมถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SimaPro 7.1 ด้วยวิธี Eco-Indicator 95 และ CML baseline 2000 เพื่อประเมินภาระสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ โดยเน้นที่ผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนและการใช้พลังงาน จากผลการศึกษาพบว่า ระบบโรงกลั่นชีวภาพส่งผลกระทบในแง่ภาวะโลกร้อนและการใช้พลังงานน้อยลง เมื่อเพิ่มปริมาณการใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบ เนื่องจากการนำกากอ้อยและก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำและกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในโรงงาน ในทางตรงกันข้าม การเพิ่มปริมาณการผลิตพอลิแลคติกเอซิด ทำให้ผลกระทบทางด้านภาวะโลกร้อนและการใช้พลังงานสูงขึ้น เนื่องจากการใช้ไฟฟ้าและไอน้ำจำนวนมากในการผลิตพอลิแลคติกเอซิด นอกจากนี้ ผลการศึกษายังแสดงผลกระทบในด้านภาวะการเกิดฝนกรดและภาวะการเกิดน้ำเน่าเสีย อีกด้วย สุดท้าย ตัวแปลของการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) ถูกสร้างขึ้นเพื่อรวบรวมผลกระทบในด้านต่างๆ (ภาวะโลกร้อน, การเกิดฝนกรด, การเกิดน้ำเน่าเสีย, และการใช้พลังงาน) เข้ากับด้านเศรษฐกิจ (รายได้) โดยใช้รายได้เฉลี่ย และค่าเฉลี่ยผลกระทบด้านต่างๆ ของสถานการณ์ตัวอย่าง จากการศึกษาทั้งหมด 5 สถานการณ์ (S1-S5) พบว่า S4 เป็นสถานการณ์ที่ดีที่สุด เนื่องจากมีค่าการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่สูงในหลายๆ ด้าน

ACKNOWLEDGEMENTS

This work would not have been possible without the assistance of the following individuals:

First and foremost, I sincerely appreciate Asst. Prof. Pomthong Malakul, my advisor, and Assoc. Prof. Thumrongrut Mungcharoen, 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. Manit Nithitanakul and Dr. Vorakan Burapatana for being my thesis committee. Their suggestions and comments are very beneficial for me and this work.

I also thank Mr. Seksan Papong for your kind suggestion and kind support throughout this research work.

This thesis work is funded by the Petroleum and Petrochemical College, and by the Center of Excellence on Petrochemical and Materials Technology, Thailand. I would also like to express my appreciation to the National Metal and Materials technology Center (MTEC) for their technical.

I greatly appreciate all PPC staffs and my friends who gave me support and encouragement.

Finally, I am deeply indebted to my family for their love, understanding, encouragement, and support for me at all time.

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER **PAGE**

CHAPTER **PAGE**

LIST OF TABLES

TABLE **PAGE**

TABLE **PAGE**

TABLE **PAGE**

TABLE **PAGE**

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**