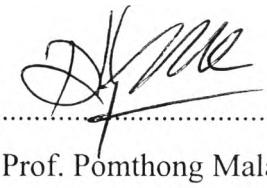
SUSTAINABLE PROCESS DESIGN STUDY OF CELLULOSIC-BASED BIOFUEL: BIOETHANOL PRODUCTION FROM RICE STRAW

Patharutama Nidhinandana

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:	Sustainable Process Design Study of Cellulosic-based Biofuel: Bioethanol Production from Rice Straw
By:	Patharutama Nidhinandana
Program:	Petroleum Technology
Thesis Advisors:	Asst. Prof. Pomthong Malakul
	Prof. Rafiqul Gani

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



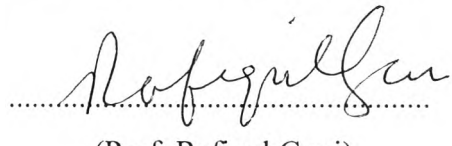
..... College Dean

(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

Thesis Committee:

.....

(Asst. Prof. Pomthong Malakul)



.....

(Prof. Rafiqul Gani)

.....

(Asst. Prof. Kitipat Siemanond)

.....

(Dr. Vorakan Burapatana)

ABSTRACT

5373013063: Petroleum Technology Program
Patharutama Nidhinandana: Sustainable Process Design Study of Cellulosic-based Biofuel: Bioethanol Production from Rice Straw Thesis Advisors: Asst. Prof. Pomthong Malakul and Prof. Rafiqul Gani 216 pp.
Keywords: Sustainable process design/ Bioethanol/ Rice straw/ Sustainability analysis/ Economic evaluation/ Life cycle assessment

This study focused on the sustainable process design of bioethanol production from rice straw using various tools including: process simulation, sustainability analysis, economic evaluation and life cycle assessment (LCA). The process simulator program, PRO/II 9.1, was used to generate a base case design of the bioethanol conversion process using rice straw as a feedstock. The sustainability analysis software, SustainPro, was then used to analyze relevant indicators in sustainability metrics, which were further employed to provide directions for improvements. To evaluate profitability of the process, ECON software was used as a tool. Lastly, evaluation of the life cycle environmental burdens associated with bioethanol production was performed by using LCA software, SimaPro 7.1. Based on SustainPro results, five ideas of new design alternatives were generated for possible improvement. The ideas were heat integration to reduce energy; wastewater exchange heat as utility; wastewater recovery by evaporation; wastewater recovery using membranes; and the combustion of lignin as fuel. Based on these ideas, fifteen alternative designs were generated from different combinations of these ideas. Finally, all alternatives were compared with the base case design to show the improvements of these designs for more sustainable.

บทคัดย่อ

ภัทรุตม์ นิธินันทน์ : การศึกษาการออกแบบกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากวัสดุประเภทเซลลูโลสิกอย่างยั่งยืน: การผลิตไบโอเอทานอลจากฟางข้าว (Sustainable Process Design Study of Cellulosic-based Biofuel: Bioethanol Production from Rice Straw) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา และ ศ. ดร. ราฟิก กานี่ 216 หน้า

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการออกแบบกระบวนการผลิตไบโอเอทานอลจากฟางข้าวอย่างยั่งยืนโดยใช้เครื่องมือหลายประเภท ได้แก่ การจำลองกระบวนการผลิต การวิเคราะห์ความยั่งยืน การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ และการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) โปรแกรม PRO/II 9.1 ได้ถูกนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองพื้นฐานสำหรับกระบวนการผลิตไบโอเอทานอลโดยใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบ จากนั้นโปรแกรมวิเคราะห์ความยั่งยืน SustainPro จึงถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ตัวชี้วัดด้านความยั่งยืนเพื่อนำมาหาแนวทางปรับปรุงแบบจำลองกระบวนการ สำหรับการวิเคราะห์ผลกำไรของกระบวนการนั้นใช้โปรแกรม ECON และท้ายสุด ทำการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรมประเมินวัฏจักรชีวิต SimaPro 7.1 จากผลการวิเคราะห์ของโปรแกรม SustainPro แบบจำลองทางเลือกใหม่ได้ถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยแนวความคิดหลักห้าแบบเพื่อการปรับปรุง คือ การบูรณการทางความร้อนเพื่อลดการใช้พลังงาน การนำน้ำทิ้งมาใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อน การนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่โดยใช้เครื่องระเหย การนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่โดยใช้เมมเบรน และการนำลิกนินมาเผาไหม้เป็นเชื้อเพลิง จากแนวความคิดทั้งห้า สามารถนำมาผสมผสานกันได้แบบจำลองทางเลือกทั้งหมดสิบห้าทางเลือก จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองพื้นฐานกับแบบจำลองทางเลือกต่างๆ เพื่อแสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงกระบวนการเพื่อให้เกิดความยั่งยืนขึ้น

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 and Prof. Rafiqul Gani, my 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. Vorakan Burapatana for being my thesis committee. Their suggestions and comments are very beneficial for me and this work.

I would like to acknowledge to Mr. Carlos Axel Díaz Tovar and Mr. Philip Lutze for the excellent supporting regarding PRO/II and SustainPro with patience and total availability to help. I also would like to express my appreciation to Mr. Sompit Petchprayul and Ms. Pharawee Wibul for the help for running SimaPro.

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 thank Computer Aided Process Engineering Center, Technical University of Denmark for funding this thesis.

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

CHAPTER **PAGE**

CHAPTER PAGE

CHAPTER **PAGE**

LIST OF TABLES

TABLE **PAGE**

TABLE **PAGE**

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**