การศึกษาเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ชานอ้อยเพื่อการผลิตไฟฟ้ากับการผลิตเอทานอล

นางสาวพิมพ์รัก เสนาจักร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

COMPARATIVE STUDY OF BAGASSE UTILIZATION FOR ELECTRICITY GENERATION AND E THANOL PRODUCTION

Miss Pimrak Senachakr

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Energy Technology and Management
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ชานอ้อยเพื่อการผลิตไฟฟ้ากับการผลิตเอทานอล
โดย	นางสาวพิมพ์รัก เสนาจักร์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร. พงษ์สันธ์ บัณฑิตสกุลชัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธรรมนูญ หนูจักร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ดร. พงษ์สันธ์ บัณฑิตสกุลชัย)

.....กรรมการ

(ดร. วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. อุริช อัชชโคสิต)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พิมพ์รัก เสนาจักร์ : การศึกษาเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ชานอ้อยเพื่อการผลิตไฟฟ้ากับการผลิตเอทานอล (COMPARATIVE STUDY OF BAGASSE UTILIZATION FOR ELECTRICITY GENERATION AND ETHANOL PRODUCTION) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ดร. พงษ์สันธ์ บัณฑิตสกุลชัย, หน้า.

ชานอ้อยเป็นหนึ่งในผลพลอยได้ที่สำคัญของอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล ในแต่ละปีจะมีชานอ้อยเกิดขึ้นประมาณ 28 ล้านตัน จึงมีความพยายามที่จะสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับชานอ้อยเหล่านี้ เช่น นำไปผลิตเยื่อกระดาษ หรืออาหารสัตว์ เป็นต้น งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าต่อการลงทุนระหว่างโครงการผลิตไฟฟ้าและโครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย ภายใต้ข้อกำหนดว่าราคาขายเอทานอลอยู่ที่ 25 บาทต่อลิตร และ ไฟฟ้าซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตเอทานอลขายได้ในอัตราของนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in-Tariff (FiT) ในขณะที่ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการกระบวนการเผาตรงขายได้ในอัตราการรับซื้อไฟฟ้าแบบ Time of Use Rate (TOU) และใช้อัตราคิดลดเท่ากับร้อยละ 8.25 ผลการวิเคราะห์พบว่า ในกรณีที่ใช้ปริมาณชานอ้อยเท่ากันคือ 1.4 ล้านตันต่อปี โครงการขยายโรงงานเพื่อผลิตเอทานอลจากชานอ้อยจะมีค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ร้อยละ 15.15 มูลค่าปัจจุบัน (NPV) 129.45 ล้าน USD ในขณะที่โครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อยด้วยวิธีเผาตรง จะมีค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ร้อยละ 18.39 มูลค่าปัจจุบัน (NPV) 62.23 ล้าน USD นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อโครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยมากที่สุดคือ ราคาขายเอทานอล และปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อโครงการโครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อยมากที่สุด คือ ราคารับซื้อไฟฟ้าของภาครัฐ ทั้งนี้ โครงการผลิตเอทานอลจะคุ้มทุนเมื่อราคาเอทานอลสูงกว่า 22.60 บาท และต้องก่อตั้งโรงงานที่มีกำลังการผลิตมากกว่า 410,000 ลิตรต่อวัน สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้า หากรัฐบาลไม่มีการสนับสนุนและรับซื้อไฟฟ้าในอัตราเดียวกับที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยขายส่ง จะทำให้โครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อยไม่คุ้มทุน ท้ายที่สุด เมื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในการรวมสองเทคโนโลยีไว้ภายในโรงงานเดียวกันพบว่า ควรใช้ชานอ้อยเพื่อผลิตเอทานอลในสัดส่วนร้อยละ 75 ของปริมาณชานอ้อยทั้งหมด จึงจะคุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากการผลิตเอทานอลมีต้นทุนค่าเครื่องจักรที่สูง การผลิตในปริมาณน้อยจะไม่คุ้มทุน อีกทั้งหากผลิตไฟฟ้าในปริมาณมาก จะถูกบังคับให้ขายไฟฟ้าในราคารับซื้อที่ถูกลง ดังนั้นจึงควรใช้ชานอ้อยเพื่อผลิตเอทานอลในสัดส่วนที่มากกว่าการนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า

สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5987180920 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT
KEYWORDS: BAGASSE / BIOETHANOL / FEASIBILITY ANALYSIS / SENSITIVITY ANALYSIS

PIMRAK SENACHAKR: COMPARATIVE STUDY OF BAGASSE UTILIZATION FOR ELECTRICITY GENERATION AND ETHANOL PRODUCTION. ADVISOR: ASSOC. PROF. DAWAN WIWATTANADATE, Ph.D., CO-ADVISOR: PONGSUN BUNDITSAKULCHAI, Ph.D., pp.

Bagasse is one of the major by-products of the sugar industry. With 28 million metric tons of sugarcane produced in Thailand every year, attempts were made to enhance its value-added by, for example, using as a raw material in the paper industry. This study compares the cost-effectiveness between an ethanol production project and an electricity production project from bagasse. The assumptions are as follows. The market price of ethanol is 25 THB per liter. The electricity generated as the by-product in an ethanol production process is sold at a price quoted in the feed-in-tariff (FiT) system, while the electricity generated by cogeneration system using bagasse as a fuel is sold at the Time of Use Rate (TOU). The discounted rate is set at 8.25%. The cost benefit analysis show that an ethanol production project has IRR at 15.15% and 129.45 million USD of NPV, while an electricity production project has IRR at 18.39% and 62.23 million USD of NPV. Moreover, the sensitivity analysis indicates that the ethanol selling price has the highest impact on the cost-effectiveness of ethanol production project. On the other hand, the electricity production project heavily depends on the electricity selling price. The break-even point of an ethanol production project is achieved at the production rate of at least 410,000 liters per day and at the ethanol selling price of more than 22.60 THB. For the electricity production project, the government support for an electricity selling price is the compulsory condition of its success. Finally, to combine both technologies within the single factory, it is verified that the profitable project must use at least 75% of total bagasse for the ethanol production. The underlying reasons are an extensive investment cost of ethanol production project and a lower selling price of electricity when being sold in a big lot.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Energy Technology and Management	Student's Signature	.....
		Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2017	Co-Advisor's Signature	.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความเมตตากรุณาจากรองศาสตราจารย์ ดร. ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และดร. พงษ์สันธ์ บัณฑิตสกุลชัย ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งท่านได้ให้ความรู้ คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน ตลอดจนให้ความช่วยเหลือต่าง ๆ ทำให้การทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์ ประธานกรรมการสอบ ดร. วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์ และ ดร. อุริช อัชชโคสิต กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาเสียสละเวลาในการสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพรคุณคณาจารย์สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่คอยอบรมสั่งสอนและถ่ายทอดวิชาความรู้ให้แก่ผู้ทำวิทยานิพนธ์นี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว และญาติๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ส่งเสริม สนับสนุน และให้กำลังใจผู้ทำวิทยานิพนธ์นี้เสมอมาจนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ประสบความสำเร็จ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูปภาพ ..... ฏ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.5 องค์ประกอบของวิทยานิพนธ์ 3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับชานอ้อย 4
2.2 เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตเอทานอล 6
2.2.1 กระบวนการเตรียมวัตถุดิบประเภทเซลลูโลสเพื่อผลิตเอทานอล 7
2.2.2 กระบวนการหมักเพื่อผลิตเอทานอล 8
2.3 ผลผลิตและต้นทุนของการผลิตเอทานอล 12
2.4 เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย 14
2.5 รายงานที่ผ่านมาเกี่ยวกับผลผลิตและต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย 15
2.6 ราคาเอทานอล และความต้องการเอทานอล 18
2.7 ราคาขายไฟฟ้า 19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 20
บทที่ 3 ทฤษฎีและวิธีดำเนินการวิจัย 22
3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 22
3.1.1 การประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ 22
3.1.2 การวัดต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ 24
3.2 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ 25
3.2.1 การวิเคราะห์ด้านการเงิน 25
3.2.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ 27
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย 29
4.1 ข้อมูลด้านต้นทุนของโครงการ 29
4.1.1 ต้นทุนของการลงทุน 29
4.1.2 ต้นทุนการดำเนินงาน (Operating Costs) 33
4.2 ผลตอบแทนของโครงการ 35
4.3 ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ 37
4.3.1 โครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย 37
4.3.2 โครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย 39
4.3.3 โครงการผลิตเอทานอลและไฟฟ้าจากชานอ้อย 39
4.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ 40
4.4.1 โครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย 40
4.4.2 โครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย 43
4.4.3 โครงการผลิตเอทานอลและไฟฟ้าจากชานอ้อย 48
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 50
5.1 สรุปผลการศึกษา 50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

5.1.1 โครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย 50
5.1.2 โครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย 52
5.1.3 โครงการผลิคไฟฟ้าและเอทานอลจากชานอ้อย 54
5.1.4 สรุปผลการเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์จากชานอ้อย 56
5.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย 56
5.3 ข้อจำกัดในงานวิจัย 57
5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 57
..... 58
รายการอ้างอิง 58
ภาคผนวก 61
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเทคโนโลยีการหมักเอทานอล 10

ตารางที่ 2.2 แสดงกำลังการผลิตติดตั้ง-สัญญาขายไฟฟ้า และปริมาณกระแสไฟฟ้า ที่ผลิตจากชานอ้อย 16

ตารางที่ 2.3 แสดงอัตราส่วนชานอ้อยต่อการผลิตไฟฟ้า (Heat Rate) ของแต่ละฤดูในโรงงานน้ำตาล 17

ตารางที่ 2.4 แสดงสัดส่วนปริมาณพลังงานของโรงงานน้ำตาล (ไอน้ำและไฟฟ้า) 17

ตารางที่ 3.1 ความแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์โครงการทางการเงิน และการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ 22

ตารางที่ 4.1 ต้นทุนการลงทุน ของโครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย (Capital Costs) 32

ตารางที่ 4.2 ต้นทุนการลงทุน ของโครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย (Capital Costs) 32

ตารางที่ 4.3 ราคาวัตถุดิบต่างๆ 34

ตารางที่ 4.4 ต้นทุนการดำเนินงานทางตรง(Direct Operating Costs) ของโครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย 34

ตารางที่ 4.5 ต้นทุนการดำเนินงานทางตรง(Direct Operating Costs) ของโครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย 35

ตารางที่ 4.6 กระแสเงินสดกรณีฐาน โครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย (หน่วย : ล้าน USD) 38

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย 41

ตารางที่ 4.8 แสดงมูลค่าสุทธิและผลตอบแทนภายในของโครงการ ที่ราคาขายไฟฟ้าและกำลังการผลิตที่ต่างๆ 46

ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์โครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยในกรณีต่างๆ 51

ตารางที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์โครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย ในกรณีที่สัดส่วนการขายที่ต่างกัน 53

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 การเปรียบเทียบปริมาณอ้อยส่งโรงงานและราคาอ้อยขั้นต้นและขั้นสุดท้ายระหว่างช่วงปีการผลิต 2552/53 ถึง 2558/2559 5

รูปที่ 2.2 มูลค่าเพิ่มจากการใช้ประโยชน์จากอ้อยและผลิตภัณฑ์จากอ้อย 6

รูปที่ 2.3 เทคโนโลยีการหมักเอทานอล 8

รูปที่ 2.4 กระบวนการหมักเอทานอลด้วยวิธี Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) 10

รูปที่ 2.5 ปริมาณเอทานอลที่ผลิตได้ต่อหน่วย (Yield) จากสินค้าเกษตรประเภทต่างๆ 13

รูปที่ 2.6 ต้นทุนการผลิตเอทานอลจากสินค้าเกษตรประเภทต่างๆ 13

รูปที่ 2.7 ราคาเฉลี่ยเอทานอลรายไตรมาส 18

รูปที่ 4.1 แผนภูมิกระแสเงินสดสุทธิสะสม ของโครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย 39

รูปที่ 4.2 แผนภูมิกระแสเงินสดสุทธิสะสม ของโครงการผลิตเอทานอลและไฟฟ้าจากชานอ้อย 40

รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย 40

รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) กับราคาเอทานอลที่ราคาขายไฟต่างๆ 43

รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) กับกำลังการผลิตเอทานอล ที่ราคาขายเอทานอลต่างๆ 43

รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวโครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย 44

รูปที่ 4.7 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าปัจจุบันของโครงการ กับราคาขายไฟฟ้า 45

รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบแทนภานในโครงการกับกำลังการผลิตที่ต่างกัน 46

รูปที่ 4.9 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของมูลค่าปัจจุบันและผลตอบแทนภายในของโครงการ ที่กำลังการผลิต และราคาชานอ้อยต่างๆ 47

รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบแทนภายในโครงการกับปริมาณชานอ้อย ที่ถูกใช้ผลิตเอทานอลที่ราคาขายเอทานอลและไฟฟ้าต่างๆ 49

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์โครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย ในกรณีที่สัดส่วนการขายที่ต่างกัน 55

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ชานอ้อยเป็นหนึ่งในผลพลอยได้ที่สำคัญของอุตสาหกรรมน้ำตาล โดยเฉลี่ยการหีบอ้อย 1 ตัน จะได้ปริมาณชานอ้อยประมาณ 300 กิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 30 ของน้ำหนักอ้อยทั้งหมด ขณะที่ประเทศไทยถือเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลรายใหญ่ของโลก รองจากบราซิลและออสเตรเลีย โดยผลิตอ้อยและน้ำตาลได้ปีละประมาณ 100 และ 9.8 ล้านตัน ตามลำดับ(กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย, 2016) ฉะนั้นในแต่ละปีจะมีชานอ้อยเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากถึง 28 ล้านตัน ซึ่งในอดีตโรงงานน้ำตาลนิยมใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า เนื่องด้วยโรงงานน้ำตาลใช้พลังงานความร้อนและไฟฟ้าเป็นหลัก อีกทั้งการใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับการผลิตไอน้ำและไฟฟ้านั้น เป็นวิธีที่ง่าย สะดวก ลงทุนต่ำ ลดภาระด้านต้นทุนเชื้อเพลิง และลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

แม้โดยส่วนมากจะนิยมใช้ชานอ้อยเพื่อผลิตไฟฟ้าด้วยระบบพลังงานความร้อนร่วม แต่ในปัจจุบันชานอ้อยถูกนำไปใช้ประโยชน์ในหลากหลายรูปแบบมากขึ้น เช่น นำไปผลิตเยื่อกระดาษ นำไปเป็นอาหารสัตว์ และล่าสุดได้มีการนำชานอ้อยไปผลิตเอทานอลด้วยเทคโนโลยี Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตเอทานอลแบบใหม่ โดยรวมขั้นตอนการย่อยในครั้งสุดท้าย (การเปลี่ยนเซลลูโลสเป็นน้ำตาล) กับการหมักด้วยยีสต์เข้าด้วยกัน เพื่อลดระยะเวลาและพลังงานที่ใช้ในการผลิต ซึ่งวิธีดังกล่าวจัดเป็น cellulosic ethanol หรือ second generation biofuel

การใช้ชานอ้อยซึ่งถือเป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานน้ำตาลให้เกิดประโยชน์นั้น ถือเป็นการบริหารจัดการทรัพยากรอย่างคุ้มค่า อีกทั้งยังเป็นการลดค่าใช้จ่าย ลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย ซึ่งธุรกิจเอทานอลและธุรกิจพลังงานไฟฟ้าเป็นธุรกิจต่อเนื่องที่ได้รับความสนใจจากแทบทุกบริษัทน้ำตาล เพื่อใช้ของเหลือทิ้งจากโรงงานน้ำตาลให้เกิดประโยชน์สูงสุด ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นระหว่างการผลิตไฟฟ้าและการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย เพื่อเป็นแนวทางให้บริษัทน้ำตาล หรือผู้ที่สนใจลงทุนใช้ประกอบการตัดสินใจ และยังใช้

เป็นแนวทางสำหรับภาครัฐในการส่งเสริมการใช้ประโยชน์ชานอ้อยอย่างคุ้มค่าและเหมาะสมได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ที่ได้จากการผลิตเอทานอล และ การผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย
2) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าต่อการลงทุนระหว่างการผลิตเอทานอล และ การผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้ครอบคลุมเนื้อหาดังต่อไปนี้

1) การศึกษาข้อมูลทางเทคนิคของกระบวนการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย ทั้งในด้านต้นทุนและผลตอบแทนโดยเฉลี่ย โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลในประเทศไทย และข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ
2) การศึกษาข้อมูลทางเทคนิคของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อยโดยใช้ระบบพลังงานความร้อนร่วม (Cogeneration) ทั้งในด้านต้นทุนและผลตอบแทนโดยเฉลี่ย โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากอุตสาหกรรมน้ำตาลในประเทศไทย และข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ
3) การวิเคราะห์เปรียบเทียบความคุ้มค่าในการลงทุนระหว่างการผลิตเอทานอล และ การผลิตไฟฟ้าระบบพลังงานความร้อนร่วม (Cogeneration) จากชานอ้อย โดยใช้หลักการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ (Cost Benefit Analysis) และข้อมูลทางเทคนิคที่รวบรวมได้ข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง ในการศึกษาเปรียบเทียบโครงการลงทุน เพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องจากชานอ้อย สำหรับบริษัทน้ำตาล หรือผู้ที่สนใจลงทุน
2) ใช้เป็นแนวทางสำหรับภาครัฐในการส่งเสริมการใช้ประโยชน์ชานอ้อยอย่างคุ้มค่าและเหมาะสม

1.5 องค์ประกอบของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ประกอบด้วยเนื้อหารวมทั้งสิ้น 5 บท ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ ประกอบด้วย ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับชานอ้อย เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตเอทานอล ผลผลิตและต้นทุนของการผลิตเอทานอล เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย ผลผลิตและต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย ราคาเอทานอล ราคาขายไฟฟ้า และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 ทฤษฎีและวิธีดำเนินงานวิจัย ประกอบด้วย ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ ซึ่งประกอบด้วย การวิเคราะห์ด้านการเงินและการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย ประกอบด้วย ข้อมูลด้านต้นทุนของโครงการ ผลตอบแทนของโครงการ ผลการการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ และผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ประกอบด้วย สรุปผลการศึกษา ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย ข้อจำกัดในงานวิจัย และข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์การผลิตพลังงานไฟฟ้ากับการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย ซึ่งในบทนี้กล่างถึงข้อมูล รายงาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้า การผลิตเอทานอลจากชานอ้อย ดังต่อไปนี้

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับชานอ้อย

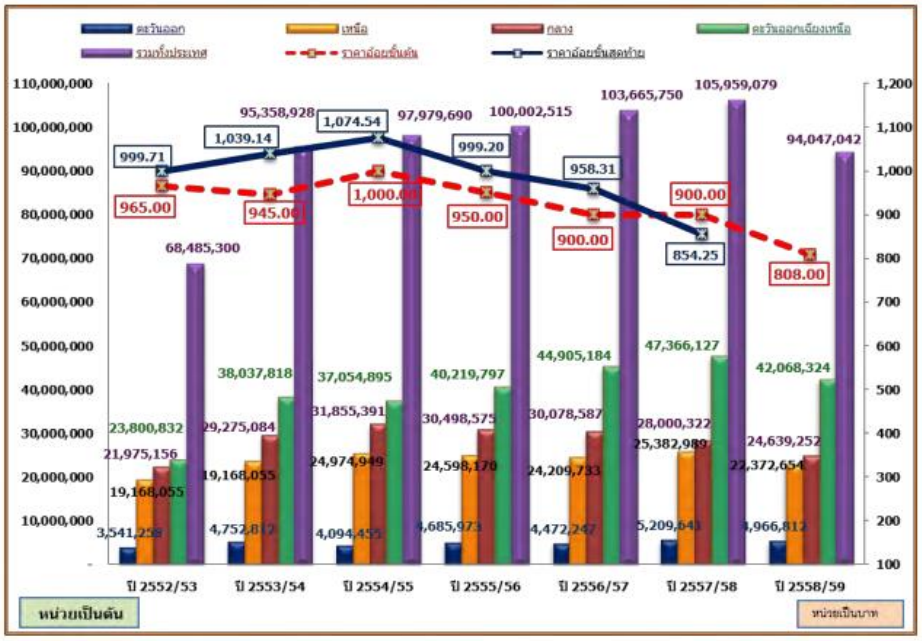
ชานอ้อย คือ ส่วนของลำต้นอ้อยที่หีบเอาน้ำอ้อย หรือน้ำตาลออกแล้ว มีลักษณะเป็นขุย (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2017) โดยข้อมูลจาก สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2549) ระบุว่าการหีบอ้อย 1 ตัน จะได้ผลผลิตหลัก ดังนี้

3) น้ำตาล 105 ถึง 110 กิโลกรัม
4) น้ำ 500 ถึง 510 กิโลกรัม
5) ชานอ้อย (ความชื้นร้อยละ 50-52) 280 ถึง 300 กิโลกรัม
6) กากตะกอนหม้อกรอง (ความชื้นร้อยละ 70-72) 28 ถึง 40 กิโลกรัม
7) กากน้ำตาล 50 ถึง 60 กิโลกรัม

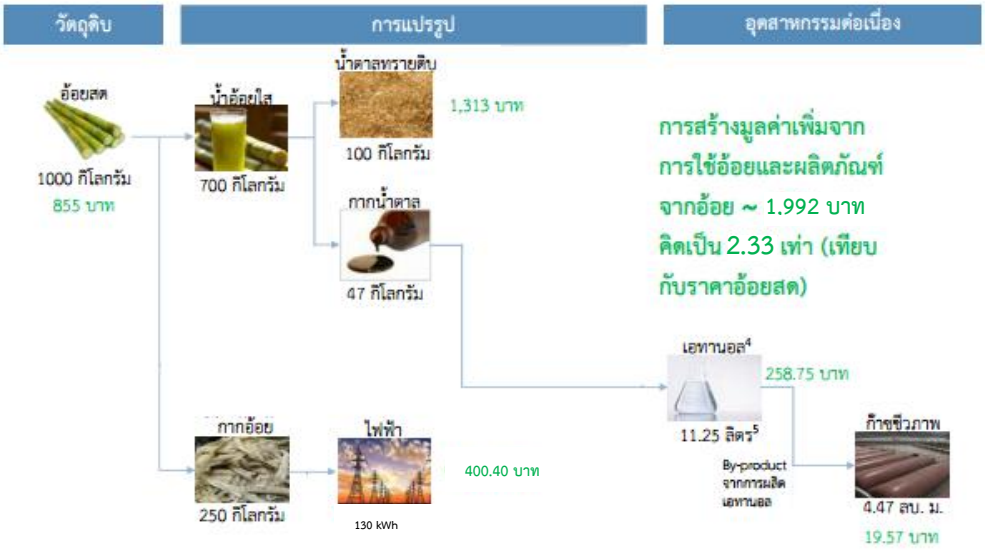
ทั้งนี้ ส่วนประกอบของชานอ้อยที่มีความชื้นร้อยละ 48 (เทียบเป็นค่าร้อยละโดยน้ำหนัก) คือ ชานอ้อยแห้งหรือไฟเบอร์ (fiber) ร้อยละ 48.5, น้ำ ร้อยละ 48.0, น้ำตาล ร้อยละ 3.0 และส่วนประกอบอื่นๆ ร้อยละ 0.5 เมื่อนำชานอ้อยมาเผาจะมีค่าความร้อน 7.53 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม หรือ 178.34 toe ต่อพันตัน เทียบได้ว่าชานอ้อยที่มีความชื้นร้อยละ 50 น้ำหนัก 3 ตัน เมื่อนำมาเผาจะให้พลังงานใกล้เคียงกับน้ำมันเชื้อเพลิงหนัก 1 ตัน

จากการสำรวจมีพื้นที่ปลูกอ้อยทั่วประเทศจำนวน 11,012,839 ไร่ เป็นพื้นที่ปลูกอ้อยเพื่อป้อนผลผลิตส่งโรงงานผลิตน้ำตาล จำนวน 10,278,045 ไร่ ซึ่งในปัจจุบันมีโรงงานผลิตน้ำตาลอยู่จำนวน 53 โรง โดยจากรายงาน ณ วันที่ 10 เมษายน 2559 พบว่า ในปีการผลิต 2558/59 ประเทศไทยผลิตอ้อยได้จำนวน 100,784,554 ตัน โดยมีปริมาณอ้อยส่งเข้าหีบจำนวน 94,064,271 ตัน (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2016) และ ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาประเทศไทยสามารถผลิตอ้อยเพื่อส่งเข้าหีบได้ โดยเฉลี่ย ปีละ 100 ล้านตัน (ดังแสดงใน**รูปที่ 2.1**) ซึ่งหมายความว่า จะมีชานอ้อยเกิดขึ้นในประเทศเฉลี่ยราวปีละ 30 ล้านตัน

เมื่อพิจารณาถึงการใช้ประโยชน์จากอ้อยและผลิตภัณฑ์จากอ้อย พบว่าอ้อยและผลิตภัณฑ์จากอ้อยสามารถผลิตน้ำตาล เอทานอล ก๊าซชีวภาพ และไฟฟ้า ดังแสดงใน**รูปที่ 2.2** โดยอ้อย 1,000 กิโลกรัม (ราคา 855 บาท) จะสามารถผลิตน้ำตาลได้ 100 กิโลกรัม (มีมูลค่า 1,313 บาท) กากน้ำตาล 47 กิโลกรัม ซึ่งสามารถนำมาผลิตเป็นเอทานอลได้ 11.25 ลิตร (มีมูลค่า 258.75 บาท) น้ำเสียจากการผลิตเอทานอลนำมาหมักเป็นแก๊สชีวภาพได้ 4.47 ลูกบาศก์เมตร (มีมูลค่า 19.57 บาท) กากอ้อย 250 กิโลกรัม สามารถผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 130 หน่วย (มีมูลค่า 400.40บาท) มูลค่ารวมของผลผลิตที่ได้จากอ้อยและผลิตภัณฑ์จากอ้อย เท่ากับ 1,992 บาท (หักต้นทุน กากน้ำตาลและกากอ้อยแล้ว) ทั้งนี้ไม่คิดรวมมูลค่าที่ได้จากการผลิตสุราและอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ โดยสรุปแล้ว การนำอ้อยและผลิตภัณฑ์จากอ้อยมาแปรรูปจะช่วยเพิ่มมูลค่าได้มากถึง 2.33 เท่าของราคาอ้อยสด



รูปที่ 2.1 การเปรียบเทียบปริมาณอ้อยส่งโรงงานและราคาอ้อยขั้นต้นและขั้นสุดท้ายระหว่างช่วงปีการผลิต 2552/53 ถึง 2558/2559



รูปที่ 2.2 มูลค่าเพิ่มจากการใช้ประโยชน์จากอ้อยและผลิตภัณฑ์จากอ้อย

ที่มา: ดัดแปลงจากสถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (PTIT), สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สศก.), สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย (TTSA), สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KURDI)

2.2 เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตเอทานอล

ข้อมูลจาก (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2016) ระบุว่า เชื้อเพลิงเอทานอล หรือ Ethyl Alcohol เป็นแอลกอฮอล์ที่แปรรูปมาจากพืชจำพวกแป้งและน้ำตาล รวมทั้งเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส โดยผ่านกระบวนหมัก (Fermentation) โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่นิยมใช้คือยีสต์ ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์ วัตถุดิบที่นิยมใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงเอทานอล ได้แก่ อ้อย กากน้ำตาล ข้าว ข้าวฟ่าง ข้าวโพด มันสำปะหลัง เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กระบวนการผลิตเอทานอล ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ 1) กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ 2) กระบวนการหมัก 3) กระบวนการแยกเอทานอล และ 4) กระบวนการทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ แบ่งได้เป็น 2 รูปแบบตามประเภทของวัตถุดิบ คือ 1) น้ำตาล และ 2) แป้งหรือเซลลูโลส โดยวัตถุดิบประเภทน้ำตาล เช่น กากน้ำตาล หรือน้ำอ้อย เมื่อปรับความเข้มข้นให้เหมาะสมแล้ว สามารถนำไปหมักได้ทันที ในขณะที่ วัตถุดิบประเภทแป้งหรือเซลลูโลส จะต้องผ่านกระบวนการย่อยให้กลายเป็นน้ำตาลด้วยเอนไซม์ก่อนนำไปหมัก

เอทานอลที่ได้วัตถุดิบจำพวกแป้งและน้ำตาล เรียกว่า “**เชื้อเพลิงชีวภาพรุ่นที่หนึ่ง (first generation biofuel)**” ในขณะที่ เอทานอลที่ได้จากวัตถุดิบจำพวกเซลลูโลส เช่น ชานอ้อย ฟางข้าว หรือกากมันสำปะหลัง ซึ่งต้องผ่านกระบวนการย่อยให้กลายเป็นน้ำตาลด้วยกรดหรือเอนไซม์ที่มีกระบวนการซับซ้อน เรียกว่า “**เชื้อเพลิงชีวภาพรุ่นที่สอง (second generation biofuel)**”

หลังผ่านกระบวนการหมัก จะได้เอทานอลที่มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 8-12 จากนั้นจึงนำน้ำหมักที่ได้ไปเข้าสู่กระบวนการแยกและทำให้บริสุทธิ์ โดยผ่านการกลั่นลำดับส่วน ซึ่งจะได้เอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 95 ซึ่งความบริสุทธิ์ในระดับนี้สามารถนำไปใช้โดยทั่วไปได้ แต่หากจะนำไปใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิง เช่น ใช้ผสมกับแก๊สโซลีนเป็นแก๊สโซฮอล์ จะต้องทำให้บริสุทธิ์มากขึ้น (ประมาณร้อยละ 99.5) ซึ่งกรรมวิธีที่นิยมใช้ คือ การแยกน้ำออกด้วยโมเลคูลาซีพ (molecular sieve separation) ซึ่งใช้ตัวดูดซับประเภทซีโอไลต์ โดยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 เมื่อผ่านเข้าไปในหอดูดซับที่บรรจุตัวดูดซับประเภทซีโอไลต์ โมเลกุลของเอทานอลจะไหลผ่านช่องว่างของซีโอไลต์ออกไปได้ ในขณะที่โมเลกุลของน้ำจะถูกดูดซับไว้ ทำให้เอทานอลที่ไหลออกมามีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5

เอทานอลความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 นี้ สามารถนำไปใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้ 3 รูปแบบ ได้แก่ (1) ใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงโดยตรงเพื่อทดแทนน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล (2) ใช้ผสมกับน้ำมันเบนซิน เรียกว่า แก๊สโซฮอล์ (Gasohol) หรือผสมกับน้ำมันดีเซล เรียกว่า ดีโซฮอล์ (Diesohol) (3) ใช้เป็นสารเพิ่มค่าออกเทนของน้ำมันให้กับเครื่องยนต์ โดยการเปลี่ยนรูปเอทานอลมาเป็นสาร ETBE (Ethyl Tertiary Butyl Ether) สามารถใช้ทดแทนสาร MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) ได้

2.2.1 กระบวนการเตรียมวัตถุดิบประเภทเซลลูโลสเพื่อผลิตเอทานอล

สารประกอบประเภทเซลลูโลสในธรรมชาติ มีหลายรูปแบบ โดยวัตถุดิบส่วนมากจะเป็นผลิตผลพลอยได้จากผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย ซังข้าวโพด และ ของเสียจากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ เป็นต้น จะเป็นสารประกอบประเภทลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulose) คือ วัตถุดิบที่มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ชนิด ได้แก่ เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และ ลิกนิน (lignin)

ส่วนประกอบทั้ง 3 ชนิดข้างต้น ล้วนเป็นสายพอลิเมอร์ของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีขนาดใหญ่ ทำให้ไม่ละลายน้ำและทนต่อการย่อยสลาย ดังนั้นในการผลิตเอทานอลจากลิกโนเซลลูโลสจึงต้องมีกระบวนการทำ Pretreatment หรือ การแตกพันธะที่เซลลูโลสจับกับสารประกอบอื่นๆ ออก เพื่อให้เอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) สามารถเข้าถึงและย่อยเซลลูโลสได้ง่ายขึ้น

การทำ Pretreatment มีหลายวิธี (ชัชนันท์ นิวาสวงษ์, 2012)เช่น วิธีทางเคมี (การย่อยด้วยกรดเจือจาง การย่อยด้วยกรดเข้มข้น การย่อยด้วยด่าง) วิธีทางกายภาพ (การระเบิดด้วยไอน้ำ หรือ steam explosion) เป็นต้น โดยในทางปฏิบัติ อาจใช้หลายวิธีร่วมกันได้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบเป็นสำคัญ

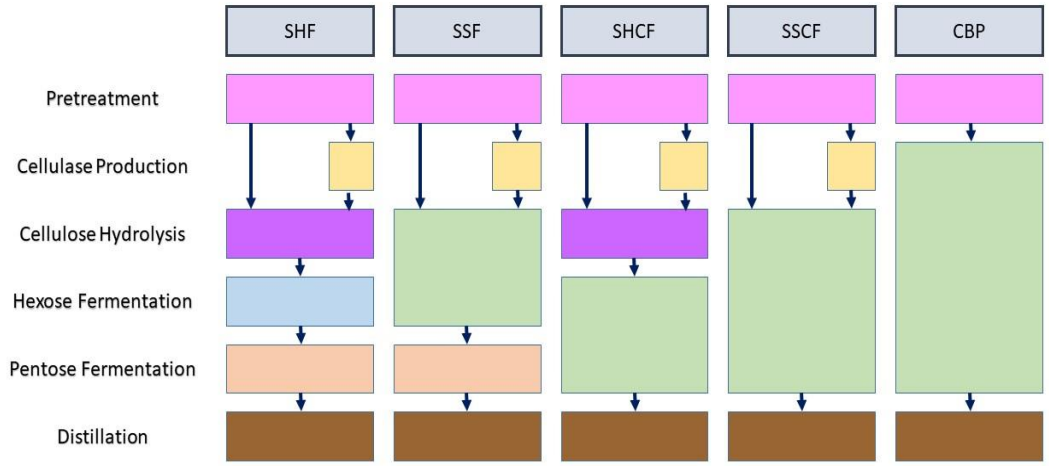
หลังจากผ่านกระบวนการทำ Pretreatment แล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ กระบวนการย่อยสลายเซลลูโลส (Hydrolysis) ซึ่งมี 2 วิธี ได้แก่

1) การย่อยด้วยกรด ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การย่อยเฮมิเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาลเพนโตส และ การย่อยเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาลกลูโคส
2) การย่อยด้วยเอนไซม์

หลังจากนั้น เมื่อสารประกอบจำพวกเซลลูโลสถูกย่อยให้กลายเป็นน้ำตาลจนหมดแล้ว ก็จะเข้าสู่กระบวนการหมักน้ำตาลให้เป็นเอทานอลโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ต่อไป

2.2.2 กระบวนการหมักเพื่อผลิตเอทานอล

การหมัก คือ กระบวนการทางชีวภาพเพื่อเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทานอลโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ ทั้งนี้ เชื้อจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้เฉพาะน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเท่านั้น นอกจากนี้เชื้อจุลินทรีย์จะผลิตเอทานอลได้ดีในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมเท่านั้น ดังนั้น จึงมีการนำเทคโนโลยีต่างๆ เข้ามาเสริมในกระบวนการหมักเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลในสูงขึ้น โดยในปัจจุบันมีเทคโนโลยีในการหมักทั้งสิ้น 5 วิธี ดังแสดงใน**รูปที่ 2.3**(Mergner, Janssen, Rutz, & Sissot, 2013)

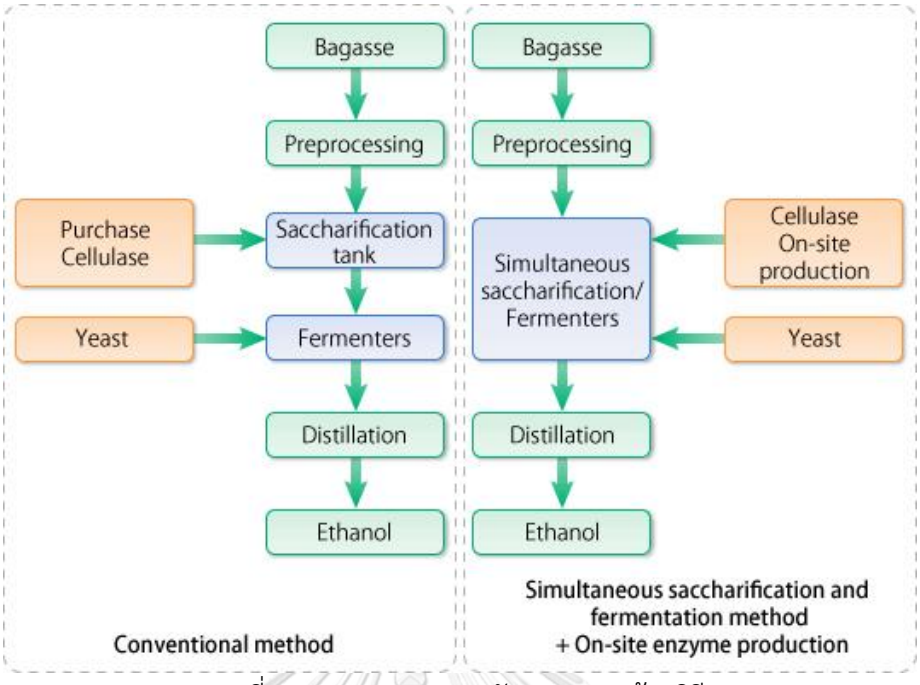


รูปที่ 2.3 เทคโนโลยีการหมักเอทานอล

เทคโนโลยีในการหมักเอทานอลในปัจจุบัน

1) Separate Hydrolysis and Fermentation (SHF) เป็นวิธีที่แยกกระบวนการย่อยสลายเซลลูโลสออกจากกระบวนการหมัก โดยในแต่ละขั้นตอนจะต้องดำเนินการในสภาวะที่เหมาะสมที่สุด เอนไซม์ต่างๆ จึงจะทำงานได้ดี อย่างไรก็ตาม อัตราการย่อยสลายจะลดลงในบางขั้นตอน เนื่องจากการยับยั้งโดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลาย
2) Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) เป็นวิธีที่รวมระบวนการย่อยสลายและกระบวนการหมักได้ด้วยกันในเครื่องปฏิกรณ์ กล่าวคือน้ำตาล hexose ที่ผลิตจากกระบวนการย่อยสลายจะถูกหมักเป็นเอทานอลในขั้นตอนเดียวกัน ส่วนการหมักน้ำตาล pentose จะถูกแยกออกมาดำเนินการในภายหลัง ดังแสดงใน**รูปที่ 2.4**
3) Simultaneous Saccharification and Co-current Fermentation (SSCF) เป็นเทคนิคที่พัฒนาต่อยอดมาจากวิธี SSF โดยรวมการหมักน้ำตาล pentose และน้ำตาล hexose ไว้ในขั้นตอนเดียวกัน เทคนิคนี้จำเป็นต้องใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายน้ำตาลทั้งสองประเภทได้
4) Separate Hydrolysis and Co-current Fermentation (SHCF) เป็นวิธีการที่ใช้กระบวนการย่อยสลายเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาล pentose และน้ำตาล hexose ก่อนจากนั้นจึงหมักน้ำตาลทั้งสองรูปแบบในขั้นตอนเดียวกัน
5) Consolidated Bioprocessing (CBP) เป็นวิธีที่ใช้เชื้อจุลินทรีย์ซึ่งมีความสามารถทั้งการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตชีวมวลเพื่อให้ได้น้ำตาล และการหมักน้ำตาลให้เป็นเอทานอลได้ ดังนั้นวิธีนี้จึงรวมทุกกระบวนการไว้ในขั้นตอนเดียวกัน แต่ในปัจจุบัน วิธีนี้ยังมีข้อจำกัดอยู่มาก เนื่องจากต้องใช้เชื้อจุลินทรีย์ดัดแปลงพันธุกรรม และการควบคุมสภาวะต่างๆ ต้องอาศัยความชำนาญสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 2.4 กระบวนการหมักเอทานอลด้วยวิธี Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)

จะเห็นได้ว่า วิธีการหมักน้ำตาลให้เป็นเอทานอลแต่ละวิธีข้างต้นมีหลักการที่คล้ายคลึงกัน แต่มีรายละเอียดของกระบวนการที่ต่างกันออกไป **ตารางที่ 2.1** แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเทคโนโลยีการหมักเอทานอลแต่ละวิธี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเทคโนโลยีการหมักเอทานอล

เทคโนโลยีการหมักเอทานอล	**ข้อดี**	**ข้อเสีย**
SHF	1) ขั้นตอนการย่อยสลายเซลลูโลส และ ขั้นตอนการหมัก จะทำที่สภาวะที่เหมาะสมที่สุด	1) เกิดการยับยั้งเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น (Inhibitory effects) 2) มีโอกาสปนเปื้อนสูง

เทคโนโลยีการหมักเอทานอล	ข้อดี	ข้อเสีย
SSF	1) ไม่จำเป็นต้องใช้เอนไซม์คุณภาพสูง 2) ได้เอทานอลปริมาณมาก 3) ลดการปนเปื้อน 4) ลดปัญหาการยับยั้งจากผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น 5) ใช้ต้นทุนต่ำ	1) สภาวะในการย่อยสลายเซลลูโลสหรือกระบวนการหมัก จะไม่ได้ดำเนินการในสภาวะที่เหมาะสม 2) การควบคุมกระบวนการทำได้ยาก
SHCF	1) ได้เอทานอลปริมาณมาก 2) ขั้นตอนการย่อยสลายเซลลูโลส และ ขั้นตอนการหมัก จะดำเนินการที่สภาวะที่เหมาะสมที่สุด	1) ต้องใช้เอนไซม์ปริมาณมาก 2) เกิดการยับยั้งเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น (Inhibitory effects) 3) มีโอกาสปนเนื้อนสูง
SSCF	1) ระยะเวลาของกระบวนการสั้น 2) ได้เอทานอลปริมาณมาก 3) ลดการปนเปื้อน	1) ต้องใช้เอนไซม์ปริมาณมาก 2) สภาวะในการย่อยสลายเซลลูโลสหรือกระบวนการหมัก จะไม่ได้ดำเนินการในสภาวะที่เหมาะสม
CBP	1) เป็นการต้นทุนที่คุ้มค่า 2) ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	1) การควบคุมกระบวนการทำได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เทคโนโลยีการหมักเอทานอล	ข้อดี	ข้อเสีย
		ยากมาก ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ 2) เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ยังไม่ค่อยเสถียร

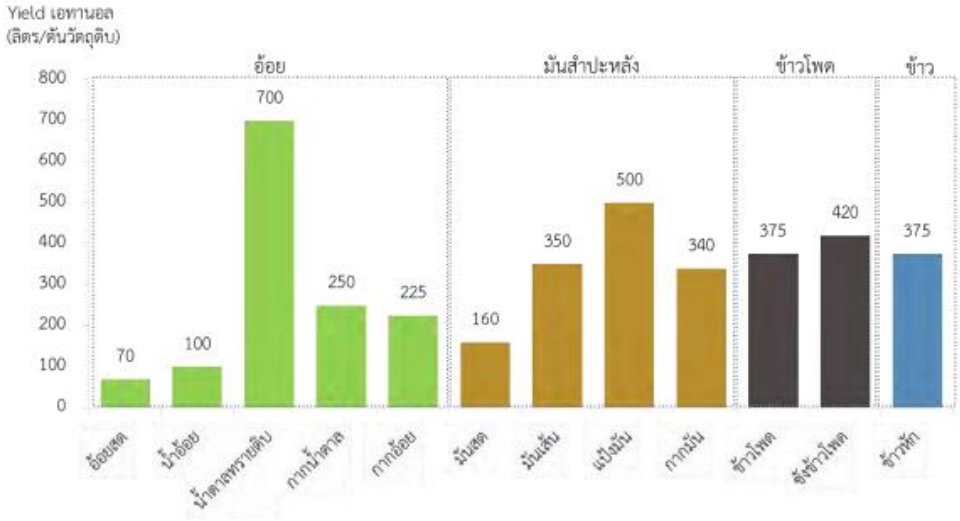
ทั้งนี้ กระบวนการที่เป็นที่นิยมมากที่สุดในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพรุ่นที่สอง (second generation biofuel) คือ Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้ระยะเวลาและพลังงานน้อย ได้ผลผลิตสูง และมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าวิธีอื่นๆ(Office, 2015)

2.3 ผลผลิตและต้นทุนของการผลิตเอทานอล

เอทานอลสามารถผลิตได้จากสินค้าเกษตรหลายประเภท เช่น อ้อย ผลิตภัณฑ์จากอ้อย มันสำปะหลัง ผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลัง ข้าวโพด ซังข้าวโพด และข้าว เป็นต้น ซึ่งสินค้าเกษตรแต่ละประเภทจะให้ผลผลิตเอทานอลต่อหน่วยวัตถุดิบ (Yield) แตกต่างกัน โดยจากรายงานของ(สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2016) พบว่า น้ำตาลทรายดิบและแป้งมันสำปะหลัง เป็นวัตถุดิบที่ให้ผลผลิตเอทานอลต่อหน่วยวัตถุดิบ (Yield) สูงที่สุด ถึง 700 และ 500 ลิตรต่อตันของวัตถุดิบ ตามลำดับ ในขณะที่ กากน้ำตาล มันสด และมันเส้น ให้ให้ผลผลิตเอทานอลต่อหน่วยวัตถุดิบ (Yield) ที่ 250, 160 และ 350 ลิตรต่อตันของวัตถุดิบ ตามลำดับ ดังแสดงใน**รูปที่ 2.5**

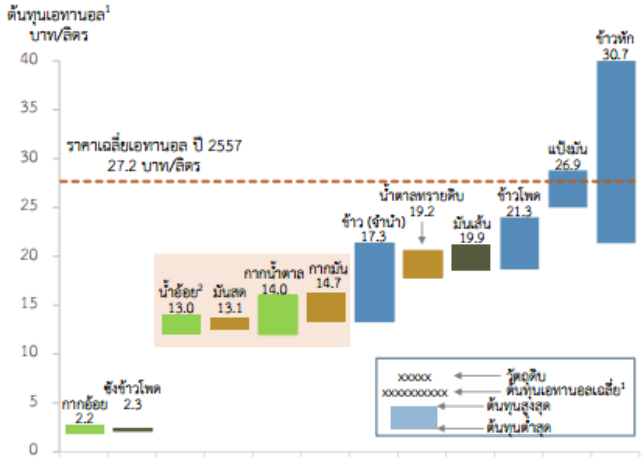
จากการคำนวณต้นทุนเอทานอลเฉพาะในส่วนที่เป็นค่าวัตถุดิบ (ไม่รวมต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนจากการขาย) พบว่า น้ำอ้อย กากน้ำตาล มันสด และกากมัน ซึ่งเป็นสินค้าเกษตรที่มีราคาต่ำ สามารถนำไปผลิตเอทานอลโดยมีต้นทุนสินค้าเกษตรอยู่ในช่วง 13.0-14.7 บาทต่อลิตร ซึ่งเป็นต้นทุนที่สามารถแข่งขันในตลาดได้ ดังแสดงใน**รูปที่ 2.6** ในขณะที่น้ำตาลทรายดิบและมันเส้น ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีราคาสูง หากนำมาผลิตเอทานอลจะทำให้ไม่สามารถแข่งขันด้านราคาได้ นอกจากนี้ กากอ้อยและซังข้าวโพด ซึ่งเป็นสินค้าเกษตรประเภทเส้นใยที่มีราคาต่ำ สามารถนำไปใช้ผลิตเป็นเอทานอลได้ หากมีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตในเชิงพาณิชย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ที่มา: ประมวลผลโดยสถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (PTIT), สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สศก.), สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย (TTSA), กรมการค้าภายใน (คน.), สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ข้อมูลปี 2557

รูปที่ 2.5 ปริมาณเอทานอลที่ผลิตได้ต่อหน่วย (Yield) จากสินค้าเกษตรประเภทต่างๆ



สินค้าเกษตร	ราคา[3]	Yield[4]
น้ำอ้อย[2]	1.1 – 1.4	100
น้ำตาลทรายดิบ	12.5 – 14.4	700
กากน้ำตาล	3.0 – 4.0	250
กากอ้อย	0.4 – 6.0	225
มันสด	2.1 – 2.2	160
มันเส้น	6.5 – 7.4	350
แป้งมัน	12.5 – 13.6	500
กากมัน	4.5 – 5.5	340
ข้าวโพด	7.0 – 9.0	375
ซังข้าวโพด	0.9 – 1.0	420
ข้าวหัก	8.0 – 15.0	375
ข้าว (จำหน่าย)	5.0 – 8.0	375

หมายเหตุ: [1] เฉพาะต้นทุนในส่วนที่เป็นวัตถุดิบ ไม่รวมต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนจากการขาย;
[2] ไม่รวมค่าหีบเป็นน้ำอ้อย; [3] บาท/กิโลกรัม (ข้อมูลปี 2557); [4] ลิตรเอทานอล/ตันวัตถุดิบ

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (สอน.), สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สศก.), กรมการค้าภายใน (คน.), สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.), ข้อมูลปีห 2557

รูปที่ 2.6 ต้นทุนการผลิตเอทานอลจากสินค้าเกษตรประเภทต่างๆ

2.4 เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย

โดยทั่วไป โรงงานผลิตน้ำตาลจะใช้พลังงาน 2 รูปแบบในกระบวนการผลิต คือ 1) พลังงานความร้อนที่อยู่ในรูปของน้ำร้อนและไอน้ำซึ่งผลิตจากหม้อน้ำ (Boiler) และ 2) พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการใช้ไอน้ำเพื่อขับเคลื่อนกังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนั้น จะเห็นได้ว่าไอน้ำเป็นสิ่งจำเป็นในโรงงานน้ำตาลและมีความต้องการใช้ในปริมาณมาก

ชานอ้อยเป็นผลพลอยจากการหีบอ้อย และเป็นหนึ่งในเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการผลิตพลังงาน โดยวิธีการเผาไหม้โดยตรง (Direct Fired) แทนเชื้อเพลิงฟอสซิล เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตไอน้ำภายในหม้อต้ม (Boiler) เพื่อใช้หมุนกังหันในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า นอกจากนี้ไอน้ำที่ยังคงมีอุณหภูมิสูงยังนำไปใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลได้อีกด้วย โดยกระบวนการเหล่านี้เรียกว่า “ระบบผลิตพลังงานร่วม (Cogeneration)” การสร้างโรงไฟฟ้าในโรงงานผลิตน้ำตาลนับว่าเป็นการใช้ประโยชน์จากไอน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากกระบวนการผลิตน้ำตาลควบคู่กับการผลิตไฟฟ้า ดังนั้น โรงผลิตน้ำตาลเกือบทุกแห่งจะใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในระบบผลิตพลังงานร่วม

โรงไฟฟ้าระบบผลิตพลังงานร่วม (Co-Generation Power Plant) ว่าเป็น ระบบการผลิตพลังงาน 2 รูปแบบ ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า (กระแสไฟฟ้า) และ พลังงานความร้อน (ไอน้ำ, อากาศร้อน) จากแหล่งเชื้อเพลิงชนิดเดียวกัน โดยระบบผลิตพลังงานร่วม (Cogeneration) จะประกอบด้วย Boiler, High Pressure Steam Turbine, Low Pressure Steam Turbine ซึ่งเชื่อมต่อกับ Generator เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และไอน้ำบางส่วนจะถูกนำออกมาใช้ในกระบวนการทางกลหรือให้ความร้อนในกระบวนการผลิตน้ำตาล เช่น Evaporator, Crystallization, Dryer, Steam Turbine Shredder และ Steam Turbine Miller ซึ่งระบบผลิตพลังงานร่วม (Cogeneration) นี้มีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 90 และช่วยลดต้นทุนในการผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อมูลจาก (บริษัท มิตรผลไบโอ-เพาเวอร์ จำกัด,2017) (บริษัทมิตรผลไบโอ-เพาเวอร์จำกัด, 2017)อธิบายขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อยโดยวิธีการเผาไหม้โดยตรง (Direct Fired) ซึ่งเป็นวิธีเดียวกับโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) **การเตรียมเชื้อเพลิง** โดยทำให้ชานอ้อยมีขนาดที่เหมาะสมก่อนการลำเลียงเข้าสู่ห้องเผาไหม้
2) การลำเลียงเชื้อเพลิงแต่ละชนิดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ โดยใช้ปริมาณชานอ้อยร้อยละ 95 และเชื้อเพลิงเสริมร้อยละ 5
3) **การเผาไหม้เชื้อเพลิง** โดยเริ่มจากการเผาชานอ้อยอัดแท่งจนได้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ตามที่กำหนด จากนั้นจึงป้อนเชื้อเพลิงชีวมวลเข้าสู่ห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าไปจะ

ทำการเผาไหม้พร้อมกับลดการใช้ชานอ้อยอัดแท่งลง จนกระทั่งเชื้อเพลิงติดไฟได้อย่างต่อเนื่อง จึงหยุดใช้ชานอ้อยอัดแท่ง

4) **การผลิตกระแสไฟฟ้า** โดยไอน้ำความดันสูงที่ได้จากหม้อไอน้ำจะถูกส่งมาที่กังหันไอน้ำเพื่อเปลี่ยนพลังงานความร้อนของไอน้ำให้เป็นพลังงานกล ใช้หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าต่อไป นอกจากนี้ ไอน้ำบางส่วนยังถูกนำไปใช้ในการผลิตน้ำตาลได้อีกด้วย

นอกจากนี้ในการผลิตไฟฟ้ายังต้องมีระบบหอหล่อเย็น เพื่อลดอุณหภูมิของไอน้ำและควบแน่นกลายเป็นน้ำก่อนนำไปใช้ในหม้อต้มไอน้ำต่อไป โดยหอหล่อเย็นแบบระบบปิด ประกอบด้วยเครื่องควบแน่นและหอหล่อเย็น เครื่องควบแน่นทำหน้าที่ควบไอน้ำที่ผ่านออกมาจากกังหันน้ำ โดยใช้วิธีการแลกเปลี่ยนความร้อน น้ำหล่อเย็นที่ผ่านเครื่องควบแน่นและมีอุณหภูมิสูงขึ้น จะถูกส่งไประบายความร้อนที่หอหล่อเย็น แล้วจึงนำกลับมาใช้ใหม่

กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ จะถูกส่งผ่านหม้อแปลงเพื่อลดแรงดันไฟฟ้า และนำไปใช้ในกระบวนการผลิตต่างๆ ของโรงงาน ในส่วนพลังงานไฟฟ้าที่เหลือจะส่งผ่านไปยังหม้อแปลงเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้า และจำหน่ายให้แก่ภาครัฐต่อไป

2.5 รายงานที่ผ่านมาเกี่ยวกับผลผลิตและต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย

จากการรายงานของ (คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2016) พบว่าในปี 2557 ที่ผ่านมาโรงงานน้ำตาลในประเทศไทยสามารถผลิตชานอ้อยเพื่อป้อนเป็นเชื้อเพลิงเข้าสู่ระบบการผลิตไฟฟ้าได้สูงถึง 2,710 ล้านหน่วย ตามบันทึกปริมาณไฟฟ้าที่ขายให้การไฟฟ้า ดังแสดงใน**ตารางที่ 2.2** โดยมีสัญญาขายไฟทั้งหมด 896.82 MW (ข้อมูลเมื่อ 28/11/2558;)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.2 แสดงกำลังการผลิตติดตั้ง-สัญญาขายไฟฟ้า และปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากชานอ้อย

	โรงไฟฟ้าในโรงงานน้ำตาล	**โรงไฟฟ้านอกโรงงานน้ำตาล**	**รวม**	**หน่วย**
กำลังผลิตติดตั้งรวม	760.40	1,024.10	1,784.10	MW
สัญญาขายไฟรวม	275.30	621.52	896.82	MW
ปริมาณไฟฟ้าที่ขายให้การไฟฟ้าในรอบปี 2557	685,001,705.00	2,025,710,352.00	2,710,712,057.00	(kWh)

โรงงานผลิตน้ำตาลแบ่งฤดูการทำงานตามฤดูของการปลูกอ้อย ซึ่งแบ่งช่วงการทำงานเป็น 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูเปิดหีบอ้อย ฤดูละลายและฤดูซ่อมบำรุง โดยฤดูเปิดหีบอ้อย มีระยะเวลาประมาณ 4-5 เดือน ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคมของทุกปี เป็นช่วงเวลาแปรสภาพอ้อยให้เป็นน้ำตาล ในฤดูนี้ จะมีน้ำตาลบางส่วนที่จะถูกเก็บไว้เพื่อดำเนินการผลิตต่อในฤดูที่ 2 ซึ่งคือ ฤดูละลาย ในฤดูละลายนี้ มีระยะเวลาประมาณ 3-4 เดือน ระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนสิงหาคมของทุกปี เป็นช่วงที่นำน้ำตาลทรายดิบที่ผลิตได้ในฤดูหีบนำมาละลาย จากนั้นนำมาดำเนินการผลิตเป็นน้ำตาลทราย และจะไม่มีการหีบอ้อยในฤดูนี้ สำหรับในช่วงเดือนที่เหลือก่อนการเปิดหีบครั้งต่อไป โรงงานผลิตน้ำตาลต้องมีการเตรียมความพร้อมเพื่อการผลิตในฤดูหีบอ้อยถัดไป เรียกฤดูนี้ว่า ฤดูซ่อมบำรุง โดยในฤดูนี้ โรงงานจะดำเนินการซ่อมแซมเครื่องจักรทั้งหมดเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการผลิตตลอดทั้งปี และในฤดูนี้จะไม่มีการหีบอ้อยเช่นเดียวกันกับฤดูละลาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฤดูการทำงานของโรงงานผลิตน้ำตาลทั้ง 3 ฤดู มีรูปแบบของปริมาณความต้องการของการผลิตความร้อนในรูปแบบไอน้ำและพลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกัน และอุตสาหกรรมน้ำตาลเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องการพลังงานสูงเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตโดยเฉพาะพลังงานความร้อน ดังนั้นในช่วงฤดูการผลิตทั้ง 3 ฤดูของโรงงานน้ำตาลจึงมีปริมาณความต้องการการใช้พลังงานและคุณลักษณะการผลิตพลังงานจากชานอ้อยที่แตกต่างกันอย่างมาก โดยในแต่ละฤดูจะมีอัตราส่วนการใช้ชานอ้อยต่อการผลิตไฟฟ้าที่ต่างกัน ดังแสดงใน**ตารางที่ 2.3** และมีสัดส่วนการใช้พลังงาน ดังแสดงใน**ตารางที่ 2.4**

ตารางที่ 2.3 แสดงอัตราส่วนชานอ้อยต่อการผลิตไฟฟ้า (Heat Rate) ของแต่ละฤดูในโรงงานน้ำตาล

	Heat Rate* อัตราส่วนชานอ้อยต่อการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ย (MJ/kWh)
ฤดูหีบ	36.35
ฤดูละลาย	23.15
ฤดูซ่อมบำรุง	18.29

หมายเหตุ *คิดค่าความร้อนของชานอ้อยที่ 7.53 MJ/kg

ตารางที่ 2.4 แสดงสัดส่วนปริมาณพลังงานของโรงงานน้ำตาล (ไอน้ำและไฟฟ้า)

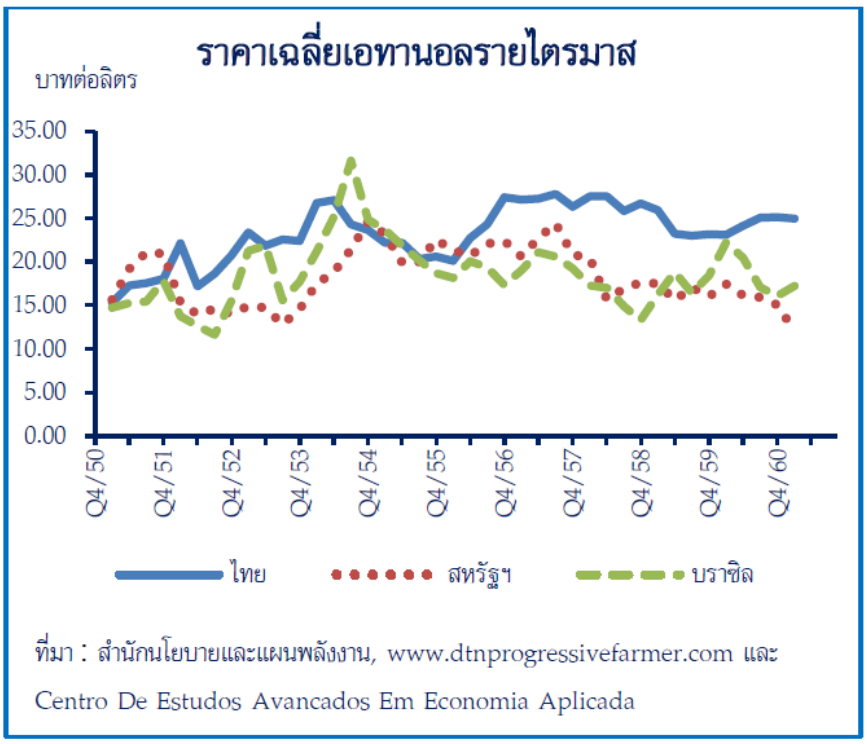
	สัดส่วนพลังงานไอน้ำที่ผลิตได้ทั้งหมด			สัดส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมด		
	ปริมาณไอน้ำความดันสูงที่ใช้สำหรับผลิตน้ำตาลคิดเป็นร้อยละ	ปริมาณไอน้ำความดันต่ำที่ใช้สำหรับผลิตน้ำตาล (ออกจากกังหันปั่นไฟ) คิดเป็นร้อยละ	ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในโรงไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ	ผลิตไฟฟ้าเพื่อขายให้กับการไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ	ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงงานน้ำตาลคิดเป็นร้อยละ	ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ
ฤดูหีบ	36.78	50.63	12.59	36.15	48.35	15.50
ฤดูละลาย	1.94	53.03	45.03	61.66	23.87	14.47
ฤดูซ่อมบำรุง	0.00	0.00	100.00	77.66	4.98	17.36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับต้นทุนในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าชานอ้อยตั้งอยู่ในบริเวณเดียวกับโรงงานผลิตน้ำตาลซึ่งจะผลิตไฟฟ้าและไอน้ำในฤดูหีบอ้อย และผลิตไฟฟ้าอย่างเดียวนอกฤดูหีบอ้อย มีต้นทุนค่าก่อสร้างค่อนข้างถูกกว่าโรงไฟฟ้าชีวมวลทั่วไป เพราะ ใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์บางอย่างร่วมกับโรงงานผลิตน้ำตาล มีต้นทุนค่าก่อสร้างประมาณ 33-40 ล้านบาทต่อเมกะวัตต์

2.6 ราคาเอทานอล และความต้องการเอทานอล

จากรายงานของ(ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2018) ราคาอ้างอิงเอทานอลของไทยเฉลี่ย ณ ไตรมาสที่ 4/2560 คือ 24.96 บาทต่อลิตร ดังแสดงใน**รูปที่ 2.7** ซึ่งใกล้เคียงกับไตรมาสก่อน แต่เพิ่มขึ้นร้อยละ 8.0 จากปีก่อน ตามต้นทุนวัตถุดิบและราคาน้ำมันที่ปรับเพิ่มขึ้น และราคาเอทานอลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามราคาน้ำมันในประเทศ



รูปที่ 2.7 ราคาเฉลี่ยเอทานอลรายไตรมาส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ความต้องการใช้เอทานอลของไทย ณ ไตรมาส 4/2560 อยู่ที่ 4.0 ล้านลิตรต่อวัน ใกล้เคียงกับไตรมาสก่อน แต่เพิ่มขึ้นจากปีก่อน ร้อยละ 11.1 จากผลของราคาน้ำมันเบนซินที่ปรับเพิ่มขึ้น ทำให้ผู้ประกอบการเพิ่มสัดส่วนผสมของเอทานอลในน้ำมันเบนซิน โดยเฉพาะปริมาณการจำหน่ายแก๊สโซฮอลล์ E10 E20 และ E85 เพิ่มขึ้นจากปีก่อน ร้อยละ 10 ร้อยละ 12.0 และร้อยละ 17.4 รวมปริมาณการจำหน่ายแก๊สโซฮอล์ทั้งหมด 2,994.8 ล้านลิตร ขณะที่ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินรวมลดลงจากไตรมาสก่อนและปีก่อน ร้อยละ 9.5 และร้อยละ 5.2 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณการผลิตเอทานอลของไทยอยู่ที่ 3.4 ล้านลิตรต่อวัน (ข้อมูลถึงเดือนพฤศจิกายน 2560) เท่ากับร้อยละ 58.7 ของกำลังการผลิตจริง เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.3 จากไตรมาสก่อน ตามความต้องการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นในช่วงปลายปี แต่ลดลงจากปีก่อนร้อยละ 15.0 เนื่องจากสต็อกเอทานอลยังอยู่ในระดับสูงหากเทียบกับปีก่อน โดยสต็อกเอทานอลของไทย ไตรมาสที่ 4 / 2560 เฉลี่ย 123.6 ล้านลิตร

2.7 ราคาขายไฟฟ้า

ราคารับซื้อไฟฟ้ามีหลากหลายอัตราขึ้นกับชนิดของเชื้อเพลิง และประเภทของผู้ผลิตไฟฟ้า สำหรับเชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นชานอ้อย โดยส่วนมากแล้วจะเป็นผู้ผลิตไฟฟ้า 2 แบบ ได้แก่

1) ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (SPP) หมายถึง โครงการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ระบบการผลิตพลังงานความร้อน และไฟฟ้าร่วมกัน (Cogeneration) หรือการผลิตไฟฟ้า โดยใช้พลังงานนอกรูปแบบ กากหรือเศษวัสดุเหลือใช้จากภาคการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งโครงการ SPP แต่ละโครงการ จะจำหน่ายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ไม่เกิน 90 เมกะวัตต์ (MW) แต่เนื่องจาก SPP แต่ละแห่งสามารถขายไฟฟ้าให้ผู้บริโภค ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงได้โดยตรง กำลังการผลิตของ SPP ส่วนใหญ่จึงจะอยู่ในระดับ 120-150 MW และโครงการSPP บางโครงการมีขนาดใกล้เคียงกับ ผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ (Independent Power Producer : IPP) แต่ใช้รูปแบบการผลิตเป็นระบบ Cogeneration สำหรับราคารับซื้อไฟฟ้าจะใช้อัตราค่าไฟฟ้าขายส่งตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of use: TOU)
2) ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Very Small Power Producer: VSPP) หมายถึง ผู้ผลิตไฟฟ้าทั้งภาคเอกชน รัฐบาล รัฐวิสาหกิจ และประชาชนทั่วไปที่มีการจำหน่ายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย โดยมีปริมาณพลังไฟฟ้าขายเข้าระบบไม่เกิน 1 MW โดยการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ได้ออกระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก โดยวัตถุประสงค์ของการรับซื้อไฟฟ้าจาก VSPP ก็เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้ทรัพยากรภายในประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ และลดการพึ่งพาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานเชิงพาณิชย์ ซึ่งเป็นการลดค่าใช้จ่ายการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศและลดผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อม อีกทั้งช่วยแบ่งเบาภาระด้านการลงทุนของรัฐในระบบการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้า นอกจากนี้ภาครัฐจะให้การสนับสนุน VSPP รายใหม่ โดยออกนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in-Tariff และยังมีมโยบายอุดหนุนราคาเป็นเวลา 8 ปี นับตั้งแต่วันเริ่มต้นซื้อขายไฟฟ้าตามสัญญา โดยผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน จะได้ส่วนเพิ่ม (Adder) ตามประเภทของเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ ซึ่งหากใช้เชื้อเพลิงที่เป็นของเหลือจากภาคการเกษตร หรือ พลังงานชีวมวล และขายไฟฟ้าเข้าระบบไฟฟ้า ราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยที่ขายได้จะเท่ากับ ค่าไฟฟ้าฐาน บวกกับ ส่วนเพิ่ม 0.30-0.50 บาท ขึ้นกับกำลังการผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยและบทความที่เกี่ยวข้องการประเมินผลกระทบด้านเศรษฐศาสตร์การศึกษาถึงความคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์และทางการเงิน ของโครงการต่างๆ ทั้งของในและต่างประเทศที่ได้เผยแพร่แล้ว มีรายละเอียดดังนี้

Felipe F. Furlan และคณะ (2013) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้ากับเอทานอลจากชานอ้อยในประเทศบราซิล โดยวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ อาศัยการเปรียบเทียบผลตอบแทนภายใน (IRR) และวิเคราะความอ่อนไหว พบว่าสำหรับราคาของตลาดในปัจจุบันในบราซิลการผลิตเอทานอลแบบ first generation เป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ อย่างไรก็ตามการผลิตเอทานอลแบบ first generation ผสมผสานกับ second generation มีความเป็นไปได้มากกว่าการผลิตเอทานอลแบบ first generation ผสมผสานกับการผลิตไฟฟ้ามาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ของการผลิตเอทานอลแบบ first generation ผสมผสานกับ second generation มีความไวต่อราคาเอทานอลมากขึ้นและ เพิ่มขึ้นร้อยละ 11.5 ในค่านี้จะเพียงพอที่จะบรรลุความเป็นไปได้ อีกทั้งโรงกลั่นชีวภาพมีความยืดหยุ่นสูง ความผันผวนตามฤดูกาลไม่ได้ขึ้นอยู่กับต้นทุนการลงทุนที่สูงขึ้นในสถานการณ์ปัจจุบัน (Felipe F Furlan, 2013)

S. Sánchez-Segado และคณะ (2012) ได้ศึกษากระบวนและวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตเอทานอลจากฝักของคารอบ (Ceratonia siliqua) ซึ่งเป็นพืชท้องถิ่นในแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ลักษณะคล้ายต้นมะขามเทศ โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ และมีสมมติฐานว่าสกัดน้ำตาลด้วยน้ำ จากนั้นนำไปหมักและกลั่นเพื่อผลิตเอทานอล พบว่าเงินลงทุนเริ่มต้นสำหรับวัตถุดิบ 68,000 ตันต่อปี คิดเป็นเงิน 39.61 พันล้านยูโร (€) โดยมีต้นทุนการผลิตเอทานอลต่ำสุดที่ 0.51 €/ลิตร และ อัตราผลตอบแทนภายในร้อยละ 7 โรงงานจะได้ผลกำไรเมื่อฝักคารอบมีราคาต่ำกว่า 0.188 €/กิโลกรัม หากโรงงานเพิ่มกำลังการผลิตขึ้นจาก 33,880 เป็น 135,450 ตัน/ปี ส่งผลให้อัตราผลตอบแทนภายในเพิ่มขึ้นจากร้อละ 5.50 เป็นร้อยละ 13.61 ผลการวิจัยพบว่า ฝัก carob เป็นแหล่งทางเลือกที่มีแนวโน้มสำหรับการผลิตเอทานอล(S. Sánchez-Segado, 2012)

กิตติญา กฤติยรังสิต (2011) ได้ประเมินต้นทุนและผลตอบแทนของการนำพืชผลทางการเกษตรมาผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพขนาดเล็ก ซึ่งวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยรวบรวมข้อมูลด้านเทคนิคกระบวนการผลิต ต้นทุน และผลประโยชน์ที่ได้จากโครงการ เมื่อได้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องครบเรียบร้อย จึงนำมาวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) อัตราส่วนผลตอบแทนโครงการต่อต้นทุน (BCR) และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ซึ่งสรุปผลได้ว่ากำลังการผลิตที่ต่างกัน ส่งผลต่อความคุ้มทุนของโครงการ หากต้องการมีความคุ้มค่ามากขึ้นควรพัฒนาเทคนิคการผลิตก๊าซชีวภาพให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

นอกจากนี้ภาครัฐควรให้การสนับสนุนด้านอัตราการรับซื้อเพื่อเพิ่มความสนใจให้แก่นักลงทุน(กฤติย รังสิต, 2011)

จากการการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การศึกษาผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการ นิยมใช้หลักการการประเมินผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ต่างๆ ได้แก่ การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ และการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้หลักการการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการหรือ Cost benefit analysis (CBA) มาใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างโครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย กับ ผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
ทฤษฎีและวิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้สนใจศึกษาเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ของชานอ้อยเพื่อนำไประหว่างเป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า กับเป็นวัตถุดิบผลิตเอทานอล โดยอ้างอิงทฤษฎี และมีวิธีดำเนินการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1.1 การประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์

การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นการประเมินที่ต่างจากการประเมินทางด้านการเงิน ดังแสดงใน**ตารางที่ 3.1** โดยจุดยืนของการประเมินโครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์จะอยู่ที่สังคม เป็นการวิเคราะห์จัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่ให้มีความคุ้มค่ามากที่สุด โดยครอบคลุมถึงความคุ้มค่าของโครงการต่อสังคม นั่นคือเป็นการวิเคราะห์ประโยชน์ของโครงการที่มีต่อสังคม (social benefit) และต้นทุนของโครงการที่ต่อสังคม (social cost) โดยการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์จะพิจารณาผลกระทบที่ไม่มีมูลค่าในตลาด (non-market valuation) ในขณะที่การวิเคราะห์ทางการเงินเป็นการพิจารณาถึงกำไรขาดทุน และมูลค่าที่มีอยู่ในตลาดเท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 ความแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์โครงการทางการเงิน
และการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์

ประเด็น	การวิเคราะห์โครงการทางการเงิน	การวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
1. วัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์	เป็นการวิเคราะห์เพื่อจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่ให้มีความคุ้มค่ามากที่สุด เพื่อตอบคำถามว่า ผลตอบแทนคุ้มค่าต่อการลงทุนในทางบัญชีหรือไม่ โดยพิจารณาเพียงมูลค่าที่มีอยู่ในตลาดเท่านั้น	เป็นการวิเคราะห์เพื่อจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่ให้มีความคุ้มค่ามากที่สุด เพื่อตอบคำถามว่า โครงการดังกล่าวมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หรือไม่ โดยพิจารณาครอบคลุมถึงมูลค่าที่ไม่มีอยู่ในตลาดด้วย

ประเด็น	การวิเคราะห์โครงการทางการเงิน	การวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
2. มูลค่าทรัพยากรในการวิเคราะห์		
2.1 ประเด็นเรื่องภาษี และเงินอุดหนุน	ใช้ราคาตลาดในประเทศ โดยไม่สนใจว่าราคาดังกล่าวถูกแทรกแซงโดยภาษีหรือเงินอุดหนุนหรือไม่	ใช้ราคาที่ไม่รวมภาษี หรือเงินอุดหนุน เพราะมองภาษีและเงินอุดหนุนเป็นเพียงเงินโอน (transfer) ไม่มีผลต่อเงินในระบบโดยรวม
2.2 ต้นทุนค่าเสียโอกาส	ไม่ได้คำนึงถึงต้นทุนค่าเสียโอกาสของทรัพยากร	คำนึงถึงต้นทุนค่าเสียโอกาสของทรัพยากร
2.3 ผลกระทบภายนอก	ไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบภายนอกทั้งทางบวกและทางลบของโครงการ	คำนึงถึงผลกระทบภายนอกทั้งทางบวกและทางลบของโครงการ
3. อัตราคิดลด	ใช้อัตราคิดลดเอกชน	ใช้อัตราคิดลดของสังคม

ที่มา:(University, 2015)

ดังนั้น ในการประเมินโครงการตามแนวทางเศรษฐศาสตร์ผู้ประเมินจะต้องรวบรวมว่าสังคมจะต้องสูญเสียทรัพยากรในการผลิตหรือต้นทุนของโครงการนั้นๆ มากน้อยเพียงใด และผลผลิตของโครงการนั้นๆ ให้ผลตอบแทนหรือผลประโยชน์แก่สังคมอย่างไร สิ่งที่สูญเสียที่นักเศรษฐศาสตร์สนใจได้แก่ ทรัพยากรของประเทศไม่ว่าจะเป็นที่ดิน แรงงาน ปัจจัยทุน ตลอดจนปัจจัยการผลิตอื่นๆ ส่วนผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ก็คือความพอใจที่ได้รับจากผลผลิตของโครงการความอยู่ดีกินดีของประชาชนซึ่งไม่ใช่ตัวเงิน ดังนั้นเป้าหมายของการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ก็เพื่อประเมินผลประโยชน์สุทธิที่ได้จากโครงการหรือกำไรของสังคม ซึ่งกำไรในที่นี้ไม่ใช่กำไรในรูปของเงิน อีกทั้งต้นทุนหรือผลประโยชน์ของโครงการบางรายการ อยู่ในการประเมินทางด้านการเงิน แต่ไม่อยู่ในการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์อย่างไรก็ตามการประเมินประโยชน์ตามแนวทางของเศรษฐศาสตร์ก็จะต้องประเมินต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการออกมาในหน่วยนับของเงินเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบทรัพยากรที่สูญเสียไปกับความพอใจที่สังคมได้รับจากโครงการนั้น ซึ่งเทคนิคในการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการที่เหมาะสมคือ Cost Benefit Analysis

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1.2 การวัดต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ

ต้นทุนหรือทรัพยากรที่ใช้ไปเพื่อการผลิตสินค้าหรือบริการที่เป็นเป้าหมายของโครงการนั้น สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ต้นทุนทางตรง (Direct Cost) และต้นทุนทางอ้อม (Indirect cost) โดยต้นทุนทางตรงหมายถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นโดยตรงเพื่อให้เกิดโครงการนั้นๆ ส่วนต้นทุนทางอ้อม คือค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนที่เกิดขึ้นภายนอกโครงการ และเป็นต้นทุนที่ไม่ได้ตั้งใจให้เกิดขึ้น โดยต้นทุนที่ใช้ในการวิเคราะห์จะรวมเฉพาะต้นทุนทางตรงที่เกิดขึ้นจากโครงการนั้น ส่วนรายจ่ายอื่นๆ ที่เกิดขึ้นในอดีตหรือที่เรียกว่า “ต้นทุนจม” จะไม่นำมารวมไว้ในการวิเคราะห์ เนื่องด้วยต้นทุนจม (Sunk cost) หมายถึงทรัพยากรที่ใช้ไปแล้วในการทำกิจกรรมหรือโครงการใดๆ ในอดีต(ก่อนมีการประเมิน) ซึ่งทรัพยากรเหล่านี้ไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก จึงไม่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจในปัจจุบัน โดยในการแจกแจงต้นทุนของโครงการจะต้องพึงระวังค่าใช้จ่ายที่ไม่ใช่ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่ก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรใดๆ ของสังคม ซึ่งในการวิเคราะห์จะต้องตัดค่าใช้จ่ายดังกล่าวออกไป ได้แก่ ค่าใช้จ่ายประเภทภาษี ค่าดอกเบี้ยเงินกู้และค่าเสื่อมเนื่องจากภาษีและการจ่ายดอกเบี้ยเป็นเพียงการโอนเงินจากโครงการไปสู่รัฐบาล หรือเจ้าหนี้เงินกู้ตามลำดับ และค่าเสื่อมราคาก็เป็นเพียงวิธีการทางบัญชีเท่านั้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าทั้งสามรายการไม่ได้ก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรของสังคมตามจำนวนนั้นเลย อีกทั้งหากเรารวมค่าเสื่อมของเครื่องมือเครื่องจักรเข้าไว้ในต้นทุนของโครงการก่อให้เกิดการนับซ้ำ เพราะต้นทุนของเครื่องจักรได้นับเป็นต้นทุนของโครงการแล้วตั้งแต่ซื้อเครื่องจักรมา

ทางด้านผลประโยชน์ของโครงการก็เช่นกัน สามารถจำแนกได้เป็นผลประโยชน์ทางตรง (Direct Benefit) และผลประโยชน์ทางอ้อม (Indirect Benefit) ซึ่งผลประโยชน์ทางตรง หมายถึงผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการนั้นๆ เช่น การก่อสร้างรถไฟฟ้ามีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาในการเดินทาง ในขณะที่ผลประโยชน์ทางอ้อม คือลดมลพิษจากการเดินทาง อันอาจไม่ใช่เป้าหมายในการสร้างรถไฟฟ้า ซึ่งในการวิเคราะห์ผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการจะวิเคราะห์จากผลประโยชน์ที่แท้จริงที่สังคมหรือประเทศได้รับด้วย ไม่ใช่ผลประโยชน์ทางการเงินเพียงอย่างเดียว ผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์กับทางด้านการเงิน มีความแตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น ในการก่อสร้างทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองกรุงเทพฯ - ชลบุรีเมื่อมองในด้านผลประโยชน์ทางการเงิน ผู้ประเมินก็จะมองว่าผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการนี้คืออัตราค่าผ่านทางคูณด้วยปริมาณการจราจรที่ใช้เส้นทางนี้แต่ทางด้านเศรษฐศาสตร์ผลประโยชน์ของโครงการนี้คือ ประชาชนได้รับความสะดวกจากการเดินทาง ซึ่งไม่ใช่รายรับของโครงการแต่อย่างใด และในการวัดปริมาณของการใช้ทรัพยากรหรือต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการจะต้องวัดออกมาให้ได้ใกล้เคียงมากที่สุดเท่าที่จะทาได้ซึ่งในการวัดต้นทุนและผลประโยชน์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากโครงการนั้น จะต้องยึดหลักการเปรียบเทียบระหว่างกรณีมีโครงการ กับกรณีไม่มีโครงการ (With -Without Criterion) ไม่ใช่วัดกรณีก่อนมี

โครงการและหลังมีโครงการ (Before - After Criterion) เพราะจะทำให้ได้ขนาดของต้นทุนหรือผลประโยชน์ในแต่ละปีผิดไปจากที่ควรจะเป็น

3.2 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลด้านเทคโนโลยีของการผลิตเอทานอลจากเซลลูโลส ข้อมูลศักยภาพของชานอ้อยในการนำมาผลิตเอทานอล ข้อมูลด้านการเงินการลงทุน รวมทั้งข้อกำหนดระเบียบกฎหมาย จากงานวิจัย วิทยานิพนธ์ เอกสารทางราชการ การสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ และเอกสารอื่นที่เกี่ยวข้องศึกษาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเอทานอล และผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย

3.2.1 การวิเคราะห์ด้านการเงิน

การศึกษาครั้งนี้ได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์โครงการทางด้านการเงิน เพื่อทำการเปรียบเทียบผลประโยชน์และต้นทุนของโครงการ มาประกอบการตัดสินใจในการเลือกลงทุน โดยใช้เครื่องมือในการประเมินโครงการดังนี้

1) การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value)

เนื่องจากมูลค่าของเงินเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการนำผลของช่วงเวลามาพิจารณา เพื่อประเมินมูลค่าหรือผลตอบแทนของโครงการ วิธีคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ การแปลงมูลค่าเงินลงทุน ค่าใช้จ่ายต่างๆ รวมทั้งผลตอบแทนที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาการดำเนินเป็นมูลค่าของเงินในปัจจุบัน เพื่อเปรียบเทียบบนฐานเวลาเดียวกันการคำนวณจะใช้อัตราคิดลด (Discount factor) เพื่อแปลงมูลค่าทางการเงินที่ช่วงระยะเวลาต่างๆ มาเป็นมูลค่าในปัจจุบัน คำนวณโดยใช้**สมการที่ (3-1)**

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \qquad (3\text{-}1)$$

โดยที่ NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ

r คือ อัตราคิดลด (ร้อยละ)

n คือ ระยะเวลามาตรการ (ปี)

B_t คือ ผลประโยชน์ (benefit) ของโครงการแต่ละปี t

C_t คือ ต้นทุน (cost) ของโครงการแต่ละปี t

ทั้งนี้การประเมินโครงการจะพิจารณาลงทุนเฉพาะโครงการที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกเท่านั้น โดยโครงการที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกมาก ยิ่งให้ผลตอบแทนในการลงทุนสูง

2) การหาอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return)

อัตราผลตอบแทนภายใน เป็นวิธีการทางการเงินที่อยู่บนพื้นฐานของการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ การหาอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ ทำได้โดยการหาอัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของมาตรการที่มีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งถือว่าเป็นอัตราร้อยละที่แสดงถึงความสามารถของเงินทุนที่จะก่อให้เกิดรายได้คุ้มกับเงินลงทุนของโครงการนั้นพอดี การคำนวณหาอัตราผลตอบแทนภายในจะต้องกำหนดระยะเวลาของมาตรการ ซึ่งโดยทั่วไปจะกำหนดตามอายุการใช้งานของระบบหรืออุปกรณ์ที่ติดตั้ง อัตราผลตอบแทนภายในจะคำนวณได้จากสูตร มูลค่าปัจจุบันสุทธิ = 0 คำนวณโดยใช้**สมการที่ (3-2)**

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+IRR)^t} = 0 \qquad (3\text{-}2)$$

โดยที่ IRR คือ อัตราผลตอบแทนภายใน (ร้อยละ)

เกณฑ์ในการใช้อัตราผลตอบแทนภายใน ในการประเมินมาตรการการอนุรักษ์พลังงานก็คือมาตรการใดก็ตามที่มีอัตราผลตอบแทนภายในสูงกว่า อัตราผลตอบแทนที่องค์กรสามารถหาได้จากลงทุนประเภทอื่นๆ หรือเกณฑ์ต่ำสุดขององค์กร มาตรการนั้นก็ควรจะได้รับการพิจารณา

3) อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio หรือ BCR)

อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) หมายถึงอัตราส่วนระหว่างผลรวม มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน กับผลรวมมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุของโครงการ เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการใดๆ ก็คือ BCR จะต้องมีค่า มากกว่าหรืออย่างน้อยที่สุดต้องมีค่าเท่ากับ 1 (BCR≥ 1) ทั้งนี้เนื่องจากถ้า BCR> 1 หมายความว่าผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไป หรือถ้า BCR= 1 ก็หมายความว่าผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการมีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายที่เสียไปพอดี ในการศึกษานี้คิดเฉพาะผลตอบแทนและต้นทุนทางการเงินเท่านั้น ไม่รวมต้นทุนและผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ ฉะนั้นอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุนนี้อาจเรียกอีกอย่างว่า ดัชนีผลกำไร (Profitability Index : PI) ซึ่งมีวิธีการคำนวณโดยใช้**สมการที่ (3-3)** ดังนี้

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+\mathrm{r})^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+\mathrm{r})^t}} \qquad (3\text{-}3)$$

ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดอัตราคิดลด(Discount factor) โดยใช้วิธีคำนวณต้นทุนทางการเงินถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (WACC) เพื่อแปลงมูลค่าทางการเงินที่ช่วงระยะเวลาต่างๆ มาเป็นมูลค่าในปัจจุบัน เนื่องด้วยโครงการส่วนใหญ่จะมีการจัดหาเงินทุนจากหลากหลายแหล่ง ซึ่งแต่ละแหล่งจะมีต้นทุนที่ต่างกัน จึงมีการเฉลี่ยต้นทุนของเงินทุนเหล่านั้น ดังนั้นต้นทุนทางการเงินถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (WACC) จึงเป็นวิธีที่พิจารณาถึงสัดส่วนการลงทุนของเงินทุนแต่ละแหล่ง และอัตราภาษี ซึ่งมีวิธีการคำนวณ ดังแสดงใน**สมการที่ (3-4)**

$$WACC = W_d K_d + W_e K_e = \frac{K_d(1 - t)D}{D+E} + \frac{K_e E}{D+E} \qquad (3\text{-}4)$$

โดยที่ $WACC$ คือ ต้นทุนทางการเงินถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก

W_d คือ สัดส่วนของเงินกู้ยืม

W_e คือ สัดส่วนของเจ้าของ

K_d คือ ต้นทุนของเงินกู้ยืม

K_e คือ ต้นทุนของผู้ถือหุ้น

T คือ อัตราภาษีรายได้นิติบุคคล

D คือ จำนวนเงินกู้ยืม (Debt)

E คือ จำนวนเงินลงทุนของเจ้าของ (Equity)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis) เป็นการศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุน หรือผลตอบแทนของโครงการอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงที่คาดว่าจะเกิดขึ้นภายใต้ข้อสมมุติว่า ค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้นมีค่าคงที่ตลอดอายุโครงการ เช่น อัตราดอกเบี้ย ราคาปัจจัยการผลิต ราคาผลผลิต ซึ่งในทางปฏิบัติ ตัวแปรเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงและมีความไม่แน่นอน อันเกิดผลต่อการตัดสินใจจะลงทุนจึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวเกิดขึ้น ขั้นตอนในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวมี 3 ขั้นตอน

1) กำหนดตัวแปรทุกตัวซึ่งมูลค่ามีความไม่แน่นอน
2) ระบุขอบเขตของข้อมูลที่เป็นไปได้สำหรับตัวแปรแต่ละตัว

3) คำนวณค่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) หรือ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) แต่ละกรณี โดยให้มูลค่าตัวแปรอื่นคงที่ทั้งหมด(ณ ระดับค่าเหตุการณ์ปกติ : best guess values or base case) ซึ่งจะทำให้เห็นความสัมพันธ์ของ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) หรือ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) กับตัวแปรแต่ละตัว

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวช่วยผู้วิเคราะห์ในแง่

1) ไม่หวังผลเลิศในความสำเร็จของโครงการสูงเกินไป
2) ลดความเสี่ยงของโครงการที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรบางตัวที่มีผลกระทบต่อโครงการ

ข้อพึงสังเกตในการวิเคราะห์ความอ่อนไหว

1) ถ้าการวิเคราะห์บ่งชี้ว่า ค่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) หรือ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) มีความอ่อนไหวต่อตัวแปรบางตัวอย่างในทางปฏิบัติควรจะค้นหาข้อมูลเหล่านั้นให้มากขึ้น
2) การรวบรวมข้อมูลอาจต้องทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูง
3) ความยุ่งยากในการหาค่าตัวแปรหลักซึ่งมีความไม่แน่นอนนั้นจะเป็นเช่นไร

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลความเป็นไปได้ของโครงการการผลิตไฟฟ้าและเอทานอลจากชานอ้อยมาเปรียบเทียบ เงินที่ใช้ในการลงทุน ผลประโยชน์ที่จะได้รับ และความเสี่ยงต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น และสรุปหาแนวทางที่ดีที่สุดในการลงทุนเพื่อใช้ประโยชน์จากชานอ้อย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย

จากการศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการการใช้ประโยชน์จากชานอ้อย โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบหา มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราผลตอบแทนจากโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) และอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio: BCR) ระหว่างการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยกับการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย รวมถึงการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการชานอ้อย ซึ่งเป็นผลพลอยหลักได้จากโรงงานผลิตน้ำตาล โดยได้ผลการศึกษาดังนี้

4.1 ข้อมูลด้านต้นทุนของโครงการ

4.1.1 ต้นทุนของการลงทุน

ต้นทุนของการลงทุน (Capital Cost) หมายถึง ต้นทุนที่แสดงค่าใช้จ่ายในระยะเริ่มต้นของโครงการ โดยประกอบด้วย เงินลงทุนเครื่องจักร เงินลงทุนในการดำเนินการก่อสร้าง และเงินทุนหมุนเวียน ซึ่งในการศึกษาทำการคำนวณโดยการรวบรวมข้อมูลเทคโนโลยีของเครื่องจักร ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ได้แบ่งพื้นที่ของโรงงานเป็น 8 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่รับวัตถุดิบ (A100) พื้นที่เตรียมวัตถุดิบ (A200) พื้นที่ย่อยสลายชานอ้อยและ หมักเอทานอล (A300) พื้นที่กลั่นและปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ (A400) พื้นที่บำบัดน้ำเสีย (A500) พื้นที่คลังสินค้า (A600) พื้นที่การผลิตกระแสไฟฟ้า (A700) และ พื้นที่ระบบสาธารณูปโภค (A800) โดยการคำนวณต้นทุนในแต่ละพื้นที่ เกิดจากการรวบรวมข้อมูลจำนวนและราคาของเครื่องมือ อุปกรณ์ ของแต่ละพื้นที่ โดย **ตารางที่ 4.1** แสดงตัวอย่างการคำนวณต้นทุนค่าติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ในพื้นที่รับวัตถุดิบ (A100) ทั้งนี้ราคาค่าเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ต้องมีการปรับแก้ตามเทคโนโลยีการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไป และปรับให้ตรงกับกำลังผลิตที่ต้องการ โดยใช้ Size Ratio และ Scaling Exponent ดังแสดงใน**สมการที่ (4-1)** (F. Kabir Kazi, 2010)

$$Scaled\ Cost = Original\ Cost \times Size\ Ratio^{Scaling\ Exponent} \quad (4\text{-}1)$$

จากนั้นจึงปรับค่าเครื่องมือปรับแก้ตามกำลังการผลิต (Scaled Cost) เป็นต้นทุนที่รวมค่าประกอบติดตั้ง โดยคูณด้วย ค่า Installation Factor จึงได้ต้นทุนของเครื่องจักรนั้นๆ เมื่อทำการ

คำนวณเช่นนี้กับทุกเครื่องจักรในทุกๆ พื้นที่ จะได้ผลการคำนวณต้นทุนการลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.2** และ **ตารางที่ 4.3**

นอกจากนี้ ยังมีเงินทุนหมุนเวียนเพื่อใช้สำรองกรณีฉุกเฉิน (Working Capital) ซึ่งคำนวณตามสัดส่วนของต้นทุนการลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ และค่าการดำเนินการก่อสร้าง (Added Cost) ซึ่งประกอบด้วย

1) ต้นทุนทางอ้อมในการก่อสร้าง อันได้แก่ ค่าจ้างวิศวกรและผู้เชี่ยวชาญ ค่าก่อสร้าง และค่าธรรมเนียมทางกฎหมายและสัญญาว่าจ้างผู้รับเหมาโดยคิดเป็นร้อยละ 32 34 และ 23 ของราคาติดตั้งเครื่องจักรตามลำดับ
2) ต้นทุนคลังสินค้า* และ ค่าพัฒนาที่ดินโดยคิดเป็นร้อยละ 1.5 ของราคาติดตั้งอุปกรณ์ และร้อยละ 9 ของราคาติดตั้งเครื่องจักรในพื้นที่ 100-400 ตามลำดับ (*โครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อยไม่คำนวณ เนื่องด้วยโครงการไม่จำเป็นต้องมีคลังสินค้า)

ผลการศึกษา พบว่า ต้นทุนการลงทุนของโครงการ (Capital Costs) ของโครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยในกรณีฐาน มีมูลค่ารวมทั้งสิ้น 235 ล้าน USD ประกอบด้วยค่าติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ (Installation Cost) 104.1 ล้าน USD ค่าดำเนินการก่อสร้าง (Added Cost) 100.3 ล้าน USD และเงินทุนหมุนเวียน (Working Capital) 30.6 ล้าน USD สำหรับพื้นที่ที่มีต้นทุนค่าติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ สูงที่สุด คือ พื้นที่การผลิตกระแสไฟฟ้า (A700) โดยมีค่าใช้จ่ายประมาณ 28.6 ล้าน USD ซึ่งหากมีโรงงานมีพื้นที่ส่วนนี้อยู่แล้ว ก็สามารถลดต้นทุนในส่วนนี้ลงได้มาก พื้นที่ที่มีต้นทุนสูงรองลงมา คือ พื้นที่เตรียมวัตถุดิบ (A200) พื้นที่ย่อยสลายชานอ้อยและหมักเอทานอล (A300) และพื้นที่กลั่นและปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ (A400) โดยมีต้นทุน 22.1 20.8 และ 19 ล้าน USD ตามลำดับ

Chulalongkorn University

สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย มีต้นทุนการลงทุนของโครงการน้อยกว่าโครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย โดยมูลค่ารวมทั้งสิ้น 76 ล้าน ประกอบด้วยค่าติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ (Installation Cost) 36.4 ล้าน USD ค่าดำเนินการก่อสร้าง (Added Cost) 29.1 ล้าน USD และเงินทุนหมุนเวียน (Working Capital) 10.5 ล้าน USD อันเนื่องด้วยโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้ามีเครื่องจักรที่น้อยกว่า ไม่จำเป็นต้องมีพื้นที่เตรียมวัตถุดิบ (A200) พื้นที่ย่อยสลายชานอ้อยและ หมักเอทานอล (A300) พื้นที่กลั่นและปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ (A400) พื้นที่บำบัดน้ำเสีย (A500) และพื้นที่คลังสินค้า (A600) ทำให้เงินลงทุนเครื่องจักรและการก่อสร้างลดลงไปอย่างมาก

ตารางที่ 4.1 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนค่าอุปกรณ์ รวมทั้งค่าติดตั้ง ณ พื้นที่รับวัตถุดิบ (หน่วย: USD)

รหัสเครื่องมือ	ชื่อเครื่องมือและอุปกรณ์	ปีฐาน	ราคาเครื่องมือต่อหน่วย	จำนวน (ชิ้น)	ค่าเครื่องมือรวม ณ ปีฐาน	Size Ratio	Scaling Exponent	ค่าเครื่องมือปรับแก้ ณ ปีฐาน	Installation Factor	ค่าเครื่องมือและค่าติดตั้ง ณ ปีฐาน
C-101	Bale Transport Conveyor	2000	400,000	2	800,000	0.57	0.60	568,963	1.62	921,721
C-102	Bale Unwrapping Conveyor	2000	150,000	2	300,000	0.57	0.60	213,361	1.19	253,900
C-103	Belt Press Discharge Conveyor	2000	50,000	1	50,000	0.57	0.60	35,560	1.89	67,209
C-104	Shredder Feed Conveyor	2000	60,000	4	240,000	0.57	0.60	170,689	1.38	235,551
M-101	Truck Scales	2000	34,000	2	68,000	0.57	0.60	48,362	2.47	119,454
M-102	Truck Unloading Forklift	2000	18,000	4	72,000	0.57	1.00	40,800	1	40,800
M-103	Bale Moving Forklift	2000	18,000	4	72,000	0.57	1.00	40,800	1	40,800
M-104	Corn Stover Wash Table	2000	104,000	2	208,000	0.57	0.60	147,930	2.39	353,554
M-105	Shredder	2000	302,000	4	1,208,000	0.57	0.60	859,135	1.38	1,185,606
M-106	Concrete Feedstock-Storage Slab	2000	450,655	1	450,655	0.57	1.00	255,369	2.2	561,812
M-107	Polymer Feed System	2000	30,000	1	30,000	0.57	0.60	21,336	2.28	48,646
P-101	Wash Table Pump	2000	20,000	2	40,000	0.57	0.79	25,538	3.87	98,832
P-102	Wash Water Pump	2000	15,000	2	30,000	0.57	0.79	19,153	5.19	99,406
P-103	Clarifier Underflow Pump	2000	6,000	1	6,000	0.57	0.79	3,831	13.41	51,370
P-104	Clarified Water Pump	2000	15,000	1	15,000	0.57	0.79	9,577	7.07	67,707
P-105	Belt Press SumpPump	2000	19,000	1	19,000	0.57	0.79	12,131	2.92	35,421
S-101	Clarifier Thickener	2000	135,000	1	135,000	0.57	0.60	96,013	1.51	144,979
S-102	Belt Press	2000	100,000	1	100,000	0.57	0.60	71,120	1.25	88,901
S-103	Magnetic Separator	1998	13,863	1	13,863	0.57	0.60	7,350	1.3	9,555
T-101	Wash Water Tank	2000	50,000	1	50,000	0.57	0.51	37,425	2.8	104,791
T-102	Clarifier Thickener	2000	135,000	1	135,000	0.57	0.51	101,048	3.04	307,187
A100	รวมทั้งสิ้น				4,135,518	N/A	N/A	2,785,491	N/A	4,837,199

ตารางที่ 4.1 ต้นทุนการลงทุน ของโครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย (Capital Costs)

รายการ	จำนวนเงิน (USD)
พื้นที่รับวัตถุดิบ (A100)	4,800,000
พื้นที่เตรียมวัตถุดิบ (A200)	22,100,000
พื้นที่ย่อยสลายชานอ้อยและหมักเอทานอล (A300)	20,800,000
พื้นที่กลั่นและปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ (A400)	19,300,000
พื้นที่บำบัดน้ำเสีย (A500)	2,600,000
พื้นที่คลังสินค้า (A600)	2,300,000
พื้นที่การผลิตกระแสไฟฟ้า (A700)	28,600,000
พื้นที่ระบบสาธารณูปโภค (A800)	3,600,000
รวมเงินลงทุนติดตั้งอุปกรณ์	104,100,000
ค่าดำเนินการก่อสร้าง (Added Cost)	100,300,000
เงินทุนหมุนเวียน (Working Capital)	30,700,000
รวมเงินลงทุนของโครงการ	235,100,000

ตารางที่ 4.2 ต้นทุนการลงทุน ของโครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย (Capital Costs)

รายการ	จำนวนเงิน (USD)
พื้นที่รับวัตถุดิบ (A100)	3,200,000
พื้นที่เตรียมวัตถุดิบ (A200)	-
พื้นที่ย่อยสลายชานอ้อยและหมักเอทานอล (A300)	-
พื้นที่กลั่นและปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ (A400)	-
พื้นที่บำบัดน้ำเสีย (A500)	-
พื้นที่คลังสินค้า (A600)	-
พื้นที่การผลิตกระแสไฟฟ้า (A700)	31,400,000
พื้นที่ระบบสาธารณูปโภค (A800)	1,800,000
รวมเงินลงทุนติดตั้งอุปกรณ์	36,400,000
ค่าดำเนินการก่อสร้าง (Added Cost)	29,100,000
เงินทุนหมุนเวียน (Working Capital)	10,500,000
รวมเงินลงทุนของโครงการ	76,000,000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.2 ต้นทุนการดำเนินงาน (Operating Costs)

ต้นทุนการดำเนินงาน (Operating Costs) เป็นรายจ่ายในการดำเนินการต่างๆ ของกระบวนผลิตซึ่งมีอยู่ 2 ส่วนหลักคือ ต้นทุนการดำเนินงานทางตรงและทางอ้อม สำหรับต้นทุนการดำเนินการทางตรง ประกอบด้วย

1) ค่าวัตถุดิบต่างๆ ที่ใช้ในการผลิต โดยรายละเอียดราคาวัตถุดิบต่างๆ ที่นำมาคำนวณแสดงใน**ตารางที่ 4.4**
2) ค่าซ่อมบำรุงเครื่องจักร โดยแต่ละปีคิดเป็นร้อยละ 2 ของค่าติดตั้งเครื่องจักร และ
3) ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิต

ส่วนต้นทุนการดำเนินการทางอ้อม คือ

1) เงินเดือนพนักงาน (Labor Cost) โดยกำหนดให้เงินเดือน พนักงานมีการปรับขึ้นในอัตราร้อยละ 5 ต่อปี
2) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานธุรกิจ (Overhead Cost) กำหนดให้เท่ากับร้อยละ 60 ของเงินเดือนพนักงาน

จากการศึกษาโครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย มีต้นทุนการดำเนินงานทางตรงปีละประมาณ 107 ล้าน USD ส่วนต้นทุนการดำเนินการทางอ้อม ประมาณ 2.8 ล้าน USD ในปีแรกดังแสดงใน**ตารางที่ 4.5** สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย มีต้นทุนการดำเนินงานทางตรงปีละประมาณ 23.2 ล้าน USD ส่วนต้นทุนการดำเนินการทางอ้อม ประมาณ 1 ล้าน USDในปีแรกดังแสดงใน**ตารางที่ 4.6** จะเห็นได้ว่าต้นทุนการดำเนินการของโครงการผลิตเอทานอลจะมีต้นทุนที่สูง อันเนื่องด้วยกระบวนการผลิตเอทานอล มีหลายขั้นตอน จึงจำเป็นต้องใช้พนักงานและผู้เชี่ยวชาญในด้านต่างๆ มากกว่า และใช้วัตถุดิบหลักในการผลิตเอทานอลมีหลายอย่าง อันได้แก่ เอนไซม์เซลล์ลูเลส (cellulase) กรด เบส ซึ่งมีวัตถุดิบหลักมากกว่าการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้วัตถุดิบหลักเพียง 2 ชนิด คือ ชานอ้อย และแกลบ ดังนั้นเมื่อเทียบการใช้ประโยชน์จากชานอ้อยในปริมาณที่เท่ากัน การผลิตเอทานอลจึงมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่มากกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ *4.3* ราคาวัตถุดิบต่างๆ

วัตถุดิบ	**หน่วย**	**ราคาต่อหน่วย (บาท)**	**แหล่งอ้างอิง**
ชานอ้อย	ตัน	350	*(กระทรวงพลังงาน, 2012)*
เอนไซม์เซลลูเลส	ลิตร	42	
กรดซัลฟูริก	ลิตร	2.54	
โซเดียมไฮดรอกไซด์	ตัน	29.83	
แกลบ	ตัน	1500	*(บริษัท ป่าสาละ จำกัด, 2014)*

ตารางที่ 4.4 ต้นทุนการดำเนินงานทางตรง(Direct Operating Costs) ของโครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย

รายการ	**จำนวนเงิน (USD ต่อปี)**
ชานอ้อย	15,700,000
เอนไซม์เซลลูเลส	56,000,000
กรด	14,000,000
เบส	4,000,000
ค่ากำจัดของเสีย	8,000,000
วัตถุดิบอื่นๆ	6,500,000
ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร	2,100,000
ค่าไฟฟ้า	800,000
รวมต้นทุนทางตรง	107,100,000
ต้นทุนทางอ้อม	2,800,000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.5 ต้นทุนการดำเนินงานทางตรง(Direct Operating Costs)
ของโครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย

รายการ	**จำนวนเงิน (USD ต่อปี)**
ชานอ้อย	15,700,000
วัตถุดิบอื่นๆ	6,800,000
ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร	700,000
รวมต้นทุนทางตรง	23,200,000
ต้นทุนทางอ้อม	1,100,000

4.2 ผลตอบแทนของโครงการ

จากการศึกษาพบว่าโครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยนอกจากเซลลูโลสจากชานอ้อยจะถูกนำไปผลิตเอทานอลได้แล้วนั้น กากที่เหลือของชานอ้อยยังสามารถนำมาเผาไหม้เพื่อผลิตไฟฟ้าได้ ซึ่งจะลดต้นทุนหรือเพิ่มกำไรจากการดำเนินการได้อีก ดังนั้น รายได้ของโครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยจะมาจาก 2 ทาง อันได้แก่ การขายเอทานอล และ การขายไฟฟ้า ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่าในปัจจุบันอัตราราคาขายไฟต่อหน่วยให้แก่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมี 3 รูปแบบ คือ

1) อัตรา Feed-In Tariff (FIT) คือ มาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน โดยจะใช้ในกรณีรับซื้อไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Very Small Power Producer: VSPP) ซึ่งขายไฟฟ้าไม่เกิน 10 MW ซึ่งในปัจจุบันราคาประมาณหน่วยละ 5.34 บาท(กระทรวงพลังงาน, 2015) โดยการกำหนดอัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT ที่เหมาะสม สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

- อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนคงที่ (FiT fixed : FiT_F) คิดจากต้นทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าและค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (O&M) ตลอดอายุการใช้งาน ใช้สำหรับพลังงานหมุนเวียนทุกประเภท
- อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนแปรผัน (FiT variable : FiT_V) คิดจากต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าซึ่งเปลี่ยนไปตามอัตราเงินเฟ้อขั้นพื้นฐาน (Core inflation) เฉลี่ยของปีก่อนหน้า ตามประกาศของกระทรวงพาณิชย์ ใช้สำหรับพลังงานหมุนเวียนกลุ่มพลังงานชีวภาพ

- อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (FiT Premium) ตามนโยบายของภาครัฐที่ต้องการสร้างแรงจูงใจการลงทุนบางประเภทเชื้อเพลิง สรุปสูตรโครงสร้างอัตรา FiT ได้ดัง **สมการที่ 4-2**

$$FiT_i = FiT_F + (FiT_{v,i-1} \times (1 + CoreInflation_{i-1})) + FiT\ \text{Premium} \quad (4\text{-}2)$$

โดย i คือ ปีที่จ่ายไฟฟ้าเข้าระบบ

2) อัตราค่าไฟฟ้าขายส่งตามช่วงเวลาของการใช้งาน (Time of Use Rate: TOU) โดยจะใช้ในกรณีรับซื้อไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก (Small Power Producer: SPP) ซึ่งขายไฟฟ้า 10-90 MW ซึ่งในปัจจุบันมีราคาเฉลี่ยหน่วยละ 3.08 บาท(การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2015)
3) ราคาขายส่งของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยมีราคาหน่วยละ 2.40 บาท (ผู้จัดการสุดสัปดาห์, 2018)

สำหรับราคาขายเอทานอล ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา ราคาอยู่ในช่วง 23-27.5 บาทต่อลิตร และปัจจุบันมีราคาประมาณ 25 บาทต่อลิตร โดยในการศึกษานี้ กำหนดกรณีฐาน (Base Case) คือ กรณีที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด โดยกำหนดราคาขายเอทานอลที่ 25 บาทต่อลิตร และใช้ราคารับซื้อไฟฟ้าในอัตราแบบ Feed-In Tariff (FIT) สำหรับราคารับซื้อไฟฟ้าต่อหน่วยในรูปแบบอื่นๆ จะพิจารณาในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการต่อไป

สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย ไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกใช้ภายในโรงผลิตเองร้อยละ 15 ส่งไฟให้กับโรงงานน้ำตาลร้อยละ 25 และส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 60 จะขายให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ดังนั้นรายรับของโครงการจะมาจากการขายไฟให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และขายให้แก่โรงงานผลิตน้ำตาล ซึ่งราคาขายไฟต่อหน่วยให้แก่โรงงานน้ำตาลใช้อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้งาน (Time of Use Rate: TOU) โดยมีราคาหน่วยละ 3.20 บาท โดยในการศึกษานี้ กำหนดกรณีฐาน (Base Case) คือ กรณีที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด โดยกำหนดราคารับซื้อไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ในอัตราแบบ อัตราค่าไฟฟ้าขายส่งตามช่วงเวลาของการใช้งาน สำหรับราคารับซื้อไฟฟ้าต่อหน่วยในรูปแบบอื่นๆ จะพิจารณาในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาโครงการจัดตั้งโรงงานผลิตเอทานอลและไฟฟ้าจากชานอ้อย โดยมีข้อสมมติฐาน ดังนี้

1) อายุโครงการกำหนดที่ 20 ปี มีระยะเวลาการก่อสร้างโรงงาน 1 ปี (ในปีที่ 0)
2) กำหนดอัตราคิดลด (Discount Rate) โดยใช้วิธีคำนวณต้นทุนทางการเงินถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก ($WACC$) ที่ร้อยละ 8.25 ซึ่งกำหนดเงินลงทุน (Fund) จาก ส่วนของเจ้าของ (Equity: E) ที่ร้อยละ 25 เงินกู้ (Debt: D) ที่ร้อยละ 75 ผลตอบแทนผู้ถือหุ้น (K_e) ที่ร้อยละ 18 และดอกเบี้ยเงินกู้ (K_d) ที่ร้อยละ 6.25 (อ้างอิง MLR ธนาคารกรุงเทพ ปี 2561)
3) เนื่องจากโครงการนี้ เป็นโครงการที่ก่อสร้างเพิ่มเติมจากโรงงานผลิตน้ำตาลที่มีอยู่เดิม จึงไม่รวมต้นทุนของที่ดินสำหรับก่อสร้างโรงงาน
4) อัตราแลกเปลี่ยนเงินไทยกับเงินดอลลาร์สหรัฐอเมริกา เท่ากับ 32 THB ต่อ 1 USD (อ้างอิง ราคาแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ ณ วันที่ 12 ม.ค. 2561)
5) คำนวณภาษีโดยเริ่มจากคำนวณกำไรที่ได้ในแต่ละปี จากนั้นจึงคูณด้วยอัตราภาษีเงินได้นิติบุคคลร้อยละ 20
6) ในกรณีฐานของโครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย* กำหนดให้โรงงานมีกำลังการผลิตเอทานอล 1,000,000 ลิตรต่อวัน และดำเนินการผลิต 200 วันต่อปี (โดยหักวันหยุดงานเพื่อบำรุงรักษาเครื่องจักร และความเสี่ยงอื่นๆ จากวันทำงานปกติตามปีปฏิทิน)
7) ในกรณีฐานของโครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย* กำหนดให้โรงงานมีกำลังการผลิตไฟฟ้า 65 MW และดำเนินการผลิต 330 วันต่อปี

* ปริมาณชานอ้อยที่ใช้โดยประมาณ 1.4 ล้านตันต่อปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.3.1 โครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย

ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการในกรณีฐาน โดยการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) และ อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) จากกระแสเงินสดในกรณีฐาน ดังแสดงใน **ตารางที่ 4.7**

ตารางที่ 4.6 กระแสเงินสดกรณีฐาน โครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย (หน่วย : ล้าน USD)

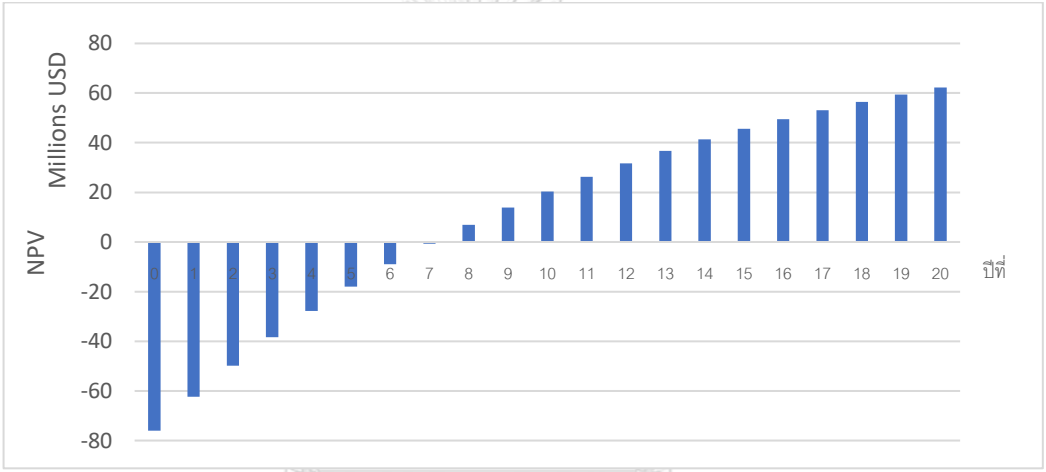
ปีที่	เงินลงทุนเริ่มต้น	ต้นทุนการดำเนินงาน		รายรับ		กำไรก่อนภาษี	ภาษี	กำไรสุทธิ	กำไรสุทธิคิดลด
		ต้นทุนทางตรง	ต้นทุนทางอ้อม	เอทานอล	ไฟฟ้า				
0	-235.16					-235.16		-235.16	-235.16
1		-107.15	-2.78	156.25	1.41	47.73	-9.55	38.19	35.28
2		-107.15	-2.92	156.25	1.48	47.66	-9.53	38.12	32.54
3		-107.15	-3.07	156.25	1.54	47.58	-9.52	38.06	30.01
4		-107.15	-3.22	156.25	1.62	47.50	-9.50	38.00	27.68
5		-107.15	-3.38	156.25	1.71	47.43	-9.49	37.94	25.52
6		-107.15	-3.55	156.25	1.80	47.35	-9.47	37.88	23.54
7		-107.15	-3.73	156.25	1.90	47.27	-9.45	37.82	21.71
8		-107.15	-3.91	156.25	2.01	47.20	-9.44	37.76	20.03
9		-107.15	-4.11	156.25	2.03	47.02	-9.40	37.62	18.43
10		-107.15	-4.31	156.25	2.17	46.95	-9.39	37.56	17.00
11		-107.15	-4.53	156.25	2.31	46.89	-9.38	37.51	15.68
12		-107.15	-4.75	156.25	2.48	46.83	-9.37	37.46	14.47
13		-107.15	-4.96	156.25	2.66	46.80	-9.36	37.44	13.36
14		-107.15	-5.15	156.25	2.86	46.81	-9.36	37.45	12.34
15		-107.15	-5.35	156.25	3.07	46.83	-9.37	37.46	11.41
16		-107.15	-5.51	156.25	3.31	46.91	-9.38	37.53	10.56
17		-107.15	-5.65	156.25	3.58	47.03	-9.41	37.63	9.78
18		-107.15	-5.78	156.25	3.87	47.18	-9.44	37.75	9.06
19		-107.15	-5.84	156.25	4.19	47.44	-9.49	37.95	8.42
20		-107.15	-5.97	156.25	4.54	47.67	-9.53	38.14	7.81

เมื่อกำหนดให้ราคาขายเอทานอลอยู่ที่ 25 บาทต่อลิตร และใช้ราคารับซื้อไฟฟ้าในอัตราแบบ Feed-In Tariff (FIT) พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) เท่ากับ 129.5 ล้าน USD อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) เท่ากับร้อยละ 15.2 และอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.3.2 โครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย

ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการในกรณีฐาน โดยการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) และ อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) จากกระแสเงินสดในกรณีฐาน ดังแสดงใน**รูปที่ 4.1** เมื่อกำหนดให้ราคารับซื้อไฟฟ้าของไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ในอัตราแบบอัตราค่าไฟฟ้าขายส่งตามช่วงเวลาของการใช้งาน ที่ราคาหน่วยละ 3.08 บาท และราคาขายไฟฟ้าให้กับโรงงานน้ำตาลที่หน่วยละ 3.20 บาท ราคาแกลบตันละ 1,500 บาท พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) เท่ากับ 62.2 ล้าน USD อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) เท่ากับร้อยละ 18.39 และอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.31

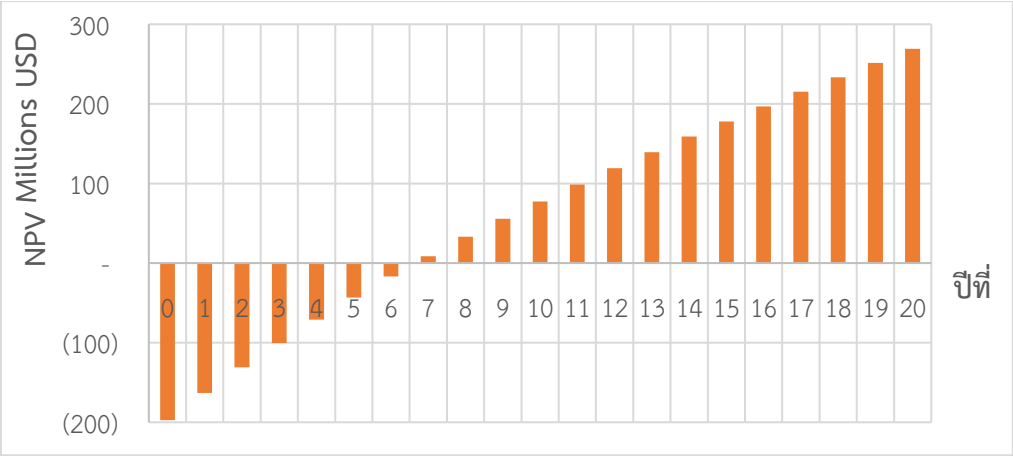


รูปที่ 4.1 แผนภูมิกระแสเงินสดสุทธิสะสม ของโครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย

4.3.3 โครงการผลิตเอทานอลและไฟฟ้าจากชานอ้อย

โครงการผลิตเอทานอลและไฟฟ้าจากชานอ้อย เป็นการศึกษาถึงการใช้ประโยชน์จากชานอ้อยร่วมกันภายในโครงการ โดยแบ่งสัดส่วนชานอ้อยเพื่อนำไปใช้ทั้งผลิตเอทานอล และไฟฟ้า ซึ่งในการศึกษานี้ ได้กำหนดให้ ปริมาณชานอ้อยที่ใช้ในโครงการมีปริมาณที่เท่ากับกรณีฐานของโครงการอื่น กล่าวคือ ใช้ปริมาณชานอ้อย เท่ากับ 1.4 ล้านตันต่อปี และในกรณีฐาน จะกำหนดให้ แบ่งสัดส่วนการใช้ไปผลิตเอทานอลเท่ากับร้อยละ 50 ราคาขายเอทานอล 25 บาทต่อลิตร และราคาขายไฟฟ้าเท่ากับ 5.34 บาทต่อหน่วย หรืออัตรารับซื้อไฟแบบ Feed-In Tariff (FIT)

ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการในกรณีฐาน โดยการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) และ อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) จากกระแสเงินสดในกรณีฐาน ดังแสดงใน**รูปที่ 4.2** พบว่ามี มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) และอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 269.3 21.29 และ 1.48 ตามลำดับ

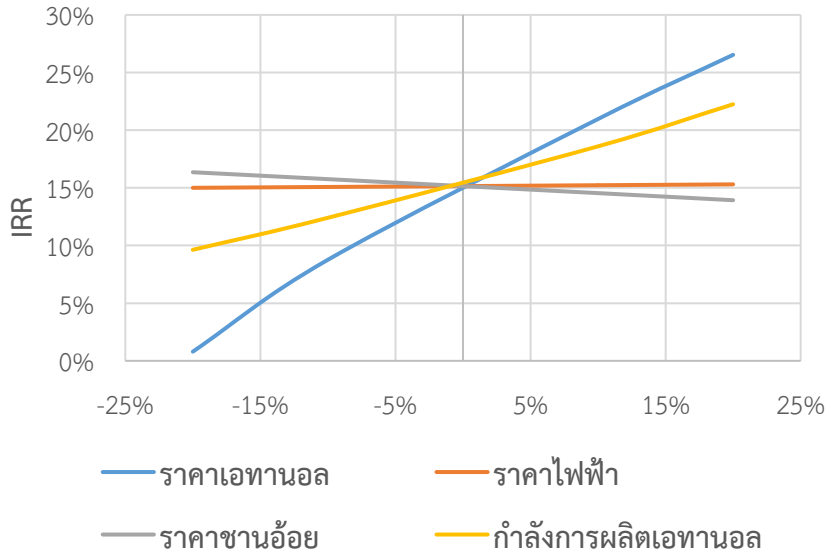


รูปที่ 4.2 แผนภูมิกระแสเงินสดสุทธิสะสม ของโครงการผลิตเอทานอลและไฟฟ้าจากชานอ้อย

4.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ

4.4.1 โครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย

ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวโครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยได้เลือกศึกษา 4 ปัจจัย คือ 1) ราคาขายเอทานอล 2) ราคาขายไฟฟ้า ซึ่งเป็นปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่อรายได้ของโครงการ 3) กำลังการผลิตเอทานอล ซึ่งปัจจัยนี้จะส่งผลต่อทั้งต้นทุน รายได้ที่จะได้รับ สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากเอทานอล และ 4) ราคาของชานอ้อย ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักของโครงการ จากการศึกษา พบว่าราคาเอทานอลส่งผลต่อโครงการมากที่สุด รองลงมาคือกำลังการผลิตเอทานอล ราคาชานอ้อย และราคาขายไฟฟ้า ตามลำดับ ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3**



รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ศึกษาโครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย เพื่อประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนในประเทศไทย ดังนั้นจึงศึกษาแต่ละปัจจัยเพิ่มเติมโดยกำหนดให้ ราคาชานอ้อยตันละ 350 บาท ซึ่งเป็นราคาปัจจุบัน ราคาขายเอทานอลเพิ่มขึ้นและลดลงจากกรณีฐานร้อยละ 12 กล่าวคือ กำหนดราคาขายเป็น 3 กรณีที่ 22 25 และ 28 บาทต่อลิตร เนื่องด้วย ราคาเอทานอลช่วง 5 ปีที่ผ่านมาราคาเอทานอลจะอยู่ในช่าง 23-27.5 บาทต่อลิตร สำหรับราคาค่าไฟต่อหน่วย กำหนดเป็น 3 รูปแบบ คือ อัตรา FIT, TOU และ ราคาขายส่งของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สำหรับกำลังการผลิตเอทานอลจะลดลงจากกรณีฐานร้อยละ 25 50 และ 75 กล่าวคือ พิจารณาทั้งหมด 4 กรณีคือ มีกำลังการผลิตเอทานอล เท่ากับ 1,000,000 750,000 500,000 และ 250,000 ลิตรต่อวัน เนื่องด้วย ปัจจุบันขนาดโรงงานผลิตเอทานอลในประเทศจะมีกำลังการผลิต 100,000 – 700,000 ลิตรต่อวัน

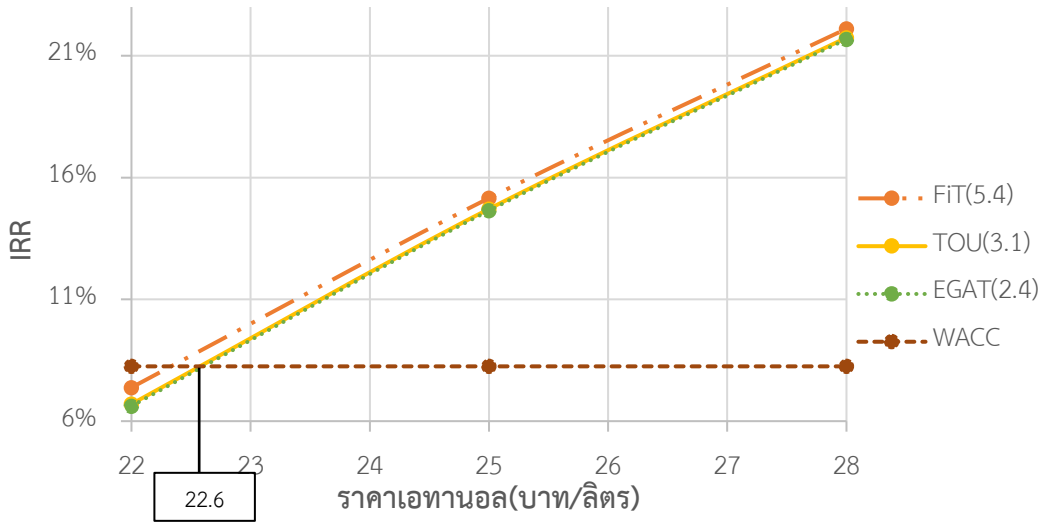
ผลการวิเคราะห์ ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.8** พบว่า เปลี่ยนแปลงราคาขายเอทานอลไปร้อยละ 12 ทำให้ค่า อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) เปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก โดยแต่ละกรณี อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) เปลี่ยนแปลงไปประมาณร้อยละ 7 และจะเห็นว่าเมื่อราคาขายเอทานอลอยู่ที่ 22 บาทต่อลิตร จะทำให้โครงการมีค่า อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) น้อยกว่า WACC ทุกกรณี ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณเอทานอลที่ผลิตได้ในแต่ละปีมีจำนวนมากถึง 200 ล้านลิตร ซึ่งถือเป็นแหล่งรายได้สำคัญของโครงการ การเปลี่ยนแปลงราคาเพียงเล็กน้อยก็ส่งผลต่อโครงการอย่างสูง

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย

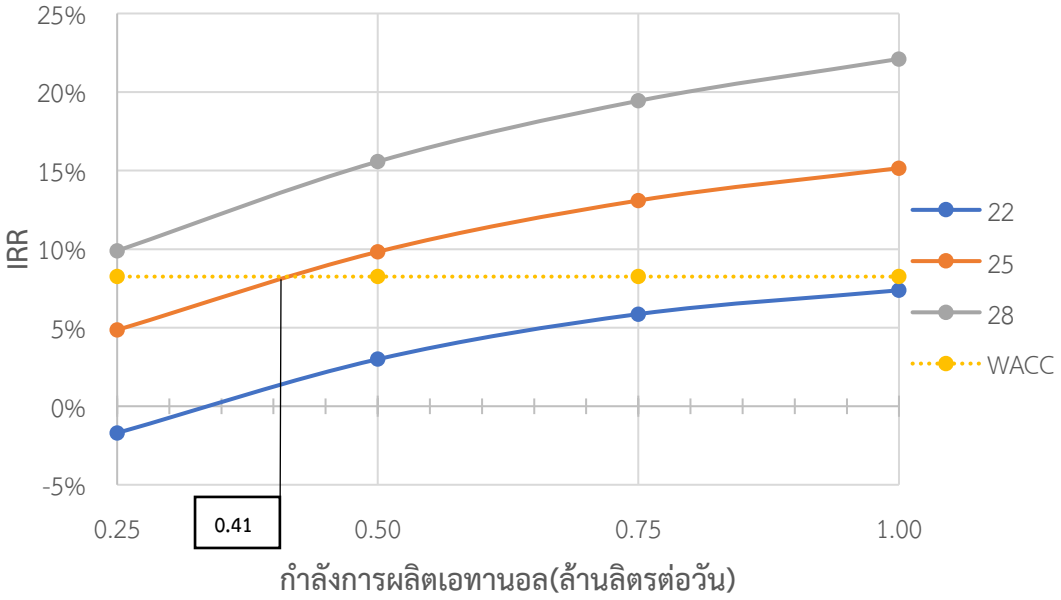
เอทานอล (บาท/ลิตร)	ค่าไฟ (บาท/หน่วย)	IRR ที่กำลังการผลิต(ลิตร/วัน)			
		1000000	750000	500000	250000
22	5.34	7.38%	5.86%	2.99%	-1.70%
	3.08	6.70%	5.22%	2.30%	-2.53%
	2.4	6.62%	5.14%	2.22%	-2.62%
25	5.34	15.15%	13.09%	9.83%	4.85%
	3.08	14.71%	12.67%	9.40%	4.40%
	2.4	14.64%	12.60%	9.34%	4.35%
28	5.34	22.11%	19.44%	15.57%	9.90%
	3.08	21.74%	19.10%	15.24%	9.57%
	2.4	21.68%	19.04%	15.19%	9.53%

เมื่อดูจาก**รูปที่ 4.4** พบว่าหากราคาเอทานอล 22.6 บาทต่อลิตร จะเริ่มทำให้โครงการมีอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) น้อยกว่า WACC ซึ่งถือว่าโครงการนั้นๆ ไม่สมควรที่จะลงทุนในขณะที่ราคารับซื้อไฟฟ้า ส่งผลกระทบต่อผลตอบแทนของโครงการไม่มากนักทั้งที่ราคารับซื้อไฟฟ้าแบบ FIT สูงกว่า แบบ TOU และราคาขายส่งของ กฟผ. ถึง 2.24 และ 3.04 บาทต่อหน่วย ตามลำดับเห็นได้จาก อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ในกรณีที่มีราคาขายเอทานอลและกำลังการผลิตที่เหมือนกัน เปลี่ยนแปลงเพียงร้อยละ 0.05-0.80 เท่านั้น เนื่องจากปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกระบวนการผลิตเอทานอลส่วนหนึ่งจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิต ทำให้เหลือปริมาณไฟฟ้าที่ส่งออกขายได้ไม่มากนัก สำหรับกำลังการผลิต เมื่อกำลังการผลิตลดลง อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ไม่ได้ลดลงอย่างเป็นเส้นตรง อันเนื่องมาจากเมื่อลดกำลังการผลิตลงอัตราการลดลงของต้นทุนเครื่องจักร ลดลงน้อยกว่าอัตราการลดลงของกำลังการผลิต กล่าวคือ เมื่อกำลังการผลิตลดลงร้อยละ 25 ต้นทุนเครื่องจักรลดลงเพียงร้อยละ 17-18 ดังนั้นเมื่อยิ่งลดขนาดลงมากๆ จะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างต้นทุนกับรายได้มากยิ่งขึ้น ทำให้เมื่อลดกำลังการผลิตลง จะส่งผลให้โครงการได้กำไรน้อยลง และเมื่อดูจาก**รูปที่ 4.5** พบว่าในกรณีที่ราคาขายเอทานอลเท่ากับ 25 บาท/ลิตร ที่กำลังการผลิตประมาณ 410,000 ลิตรต่อวันจะทำให้ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) เท่ากับ WACC กล่าวได้ว่า หากกำลังการผลิตน้อยกว่า 410,000 ลิตรต่อวัน จะทำให้โครงการนี้ขาดทุนได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) กับราคาเอทานอล ที่ราคาขายไฟต่างๆ



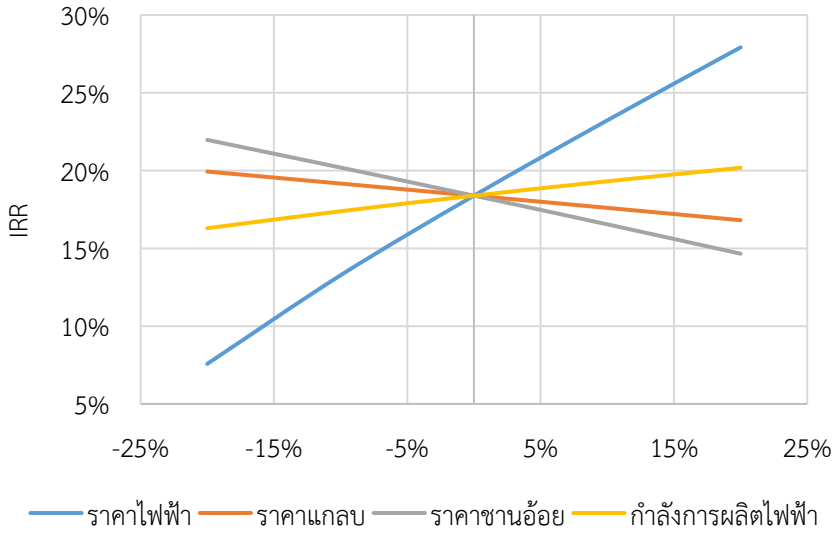
รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) กับกำลังการผลิตเอทานอล ที่ราคาขายเอทานอลต่างๆ

ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์จะพบว่าปัจจัยราคาขายเอทานอล ส่งผลกระทบต่อโครงการมากที่สุด รองลงมาคือกำลังการผลิตเอทานอล และ ราคาขายไฟ ตามลำดับ โดยหากราคาขายเอทานอลต่ำกว่า 22.6 บาทต่อลิตร ไม่ควรจะลงทุนโครงการนี้ และหากจะจัดตั้งโรงงานควรเลือกที่กำลังการผลิตที่สูงกว่า 410,000 ลิตรต่อวัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.4.2 โครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวโครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อยผู้วิจัยได้เลือกศึกษา 4 ปัจจัย อันได้แก่ 1) ราคาขายไฟฟ้า 2) ราคาชานอ้อย 3) กำลังการผลิตไฟฟ้า และ 4) ราคาแกลบ ซึ่งแกลบเป็นเชื้อเพลิงเสริมสำหรับผลิตไฟฟ้า จากการศึกษา พบว่าราคาขายไฟฟ้าส่งผลต่อโครงการมากที่สุด เนื่องจากการขายไฟเป็นรายได้เดียวของโครงการ รองลงมาคือราคาชานอ้อย ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักของโครงการ รองลงมาคือกำลังการผลิตไฟฟ้า และราคาแกลบ ตามลำดับ ดังแสดงใน**รูปที่ 4.6**

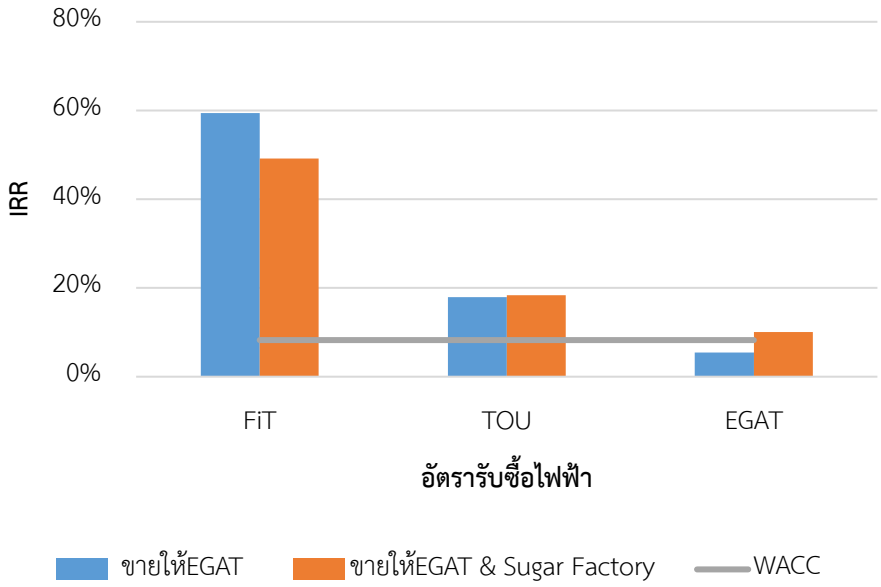


รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวโครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย

ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่า ไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ 3 ส่วน อันได้แก่ 1) ใช้ภายในโรงไฟฟ้า 2) ส่งให้กับโรงงานน้ำตาล และ3) ขายส่วนที่เหลือให้กับการไฟฟ้า ซึ่งในแต่ละฤดูกาลจะมีสัดส่วนที่ต่างกันออกไป แต่โดยเฉลี่ยทั้งปีจะอยู่ที่ร้อยละ 15 25 และ60 ตามลำดับ ซึ่งราคาขายไฟให้แต่ละแห่งมีราคาที่ต่างกัน ดังนั้นจึงได้วิเคราะห์เพิ่มเติม อีกทั้งพิจารณาข้อกำหนด หรืออัตราต่างๆ ร่วมด้วย โดยพิจารณาราคาขายไฟทั้ง 3 รูปแบบ คือ อัตรา FIT, TOU และ ราคาขายส่งของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สำหรับกำลังการผลิตไฟฟ้าจะยึดตามปริมาณชานอ้อยที่ใช้ในกรณีต่างๆ โครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยทั้งหมด 4 กรณีคือ มีกำลังการผลิตโดยประมาณ 65 49 32 และ16 MW สำหรับราคาชานอ้อย ในปัจจุบันมีราคาประมาณ 300–400 บาท และสำหรับราคาแกลบ จากการศึกษาราคาจะอยู่ในช่วง 1,000–2,000 บาท/ตัน ฉะนั้นราคาแกลบที่นำมาพิจารณาคือราคาตันละ 1,000 1,500 และ 2,000 บาท

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบ 2 กรณี คือ 1) การขายไฟฟ้าร้อยละ 85 ให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กับ 2) การขายไฟฟ้าให้โรงงานน้ำตาล 25% จากนั้นส่วนที่เหลือจึงส่งขายให้แก่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ราคารับซื้อรูปแบบต่างๆ ดังแสดงใน**รูปที่ 4.7** พบว่า เมื่อกำหนดให้ราคาขายไฟฟ้าให้กับโรงงานน้ำตาลเท่ากับอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้งาน (Time of Use Rate: TOU) โดยมีราคาเฉลี่ยหน่วยละประมาณ 3.20 บาท ทำให้ผลตอบแทนภายใน (IRR) ของแต่ละโครงการมีค่าแตกต่างกัน โดยในกรณีที่ขายให้กับรัฐบาลในรูปแบบ Feed-In Tariff (FIT) ซึ่งมีราคาสูงกว่าอัตราขายให้แก่โรงงานผลิตน้ำตาล ทำให้เมื่อแบ่งไฟฟ้าร้อยละ 25 ขายให้กับโรงงานน้ำตาลรายได้ของโครงการจึงลดลง และส่งผลให้ผลตอบแทนภายใน (IRR) ของโครงการลดลง แต่ในทางกลับกัน

เมื่ออัตราค่าไฟที่ขายให้โรงงานผลิตน้ำตาลมีราคาสูงกว่าราคาขายส่งให้แก่รัฐบาล โครงการก็จะมีรายได้เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) มีค่าสูงกว่า และเมื่ออัตรารับซื้อไฟฟ้าเท่ากับราคาขายส่งของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ทำให้ผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ใกล้เคียงกับ WACC มาก นั้นแสดงให้เห็นว่าหากอัตรารับซื้อไฟฟ้าเท่ากับราคาขายส่งของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยทำให้โครงการอาจจะขาดทุนได้



รูปที่ 4.7 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าปัจจุบันของโครงการ กับราคาขายไฟฟ้า

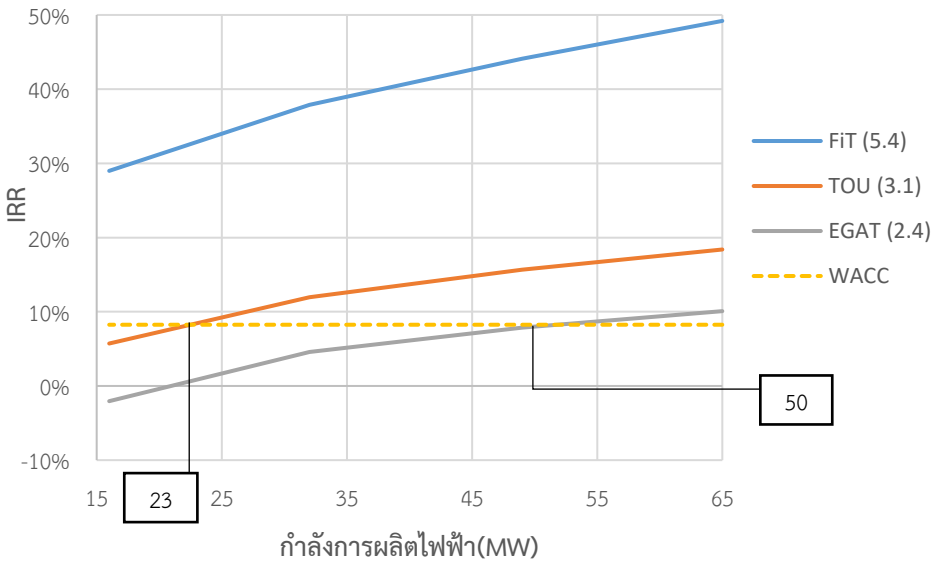
สำหรับปัจจัยราคาขายไฟฟ้า และกำลังการผลิตไฟฟ้า พบว่า โครงการที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) ต่ำ และ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ต่ำกว่าWACC คือเมื่อราคารับซื้อไฟฟ้าของรัฐบาลอยู่ที่ 2.4 บาท และกำลังผลิตไฟฟ้าที่ 49 MW ลงไป และกรณีที่ราคาขายไฟฟ้าหน่วยละ 3.1 หรือใช้แบบTOU ที่กำลังการผลิต 16 MW ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.9** และเมื่อเปรียบเทียบค่า อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) กับ WACC ดังแสดงใน**รูปที่ 4.8** พบว่าในกรณีที่ราคาขายไฟฟ้าเท่ากับ 2.4 บาท ต้องจัดตั้งโรงงานผลิตไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตมากกว่า 50 MW จึงจะคุ้มค่าแก่การลงทุน สำหรับในกรณีที่ราคาขายไฟฟ้าเท่ากับ 3.1 บาท/หน่วย ต้องจัดตั้งโรงงานโรงงานผลิตไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตมากกว่า 23 MW จึงจะคุ้มค่าแก่การลงทุน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.8 แสดงมูลค่าสุทธิและผลตอบแทนภายในของโครงการ ที่ราคาขายไฟฟ้าและกำลังการผลิตต่างๆ

	รูปแบบอัตราขายไฟ(บาท)	กำลังการผลิต(MW)			
		65	49	32	16
NPV*	FiT (5.4)	460,451,604	326,872,177	206,914,403	90,585,430
IRR		49.20%	44.10%	37.88%	28.99%
NPV*	TOU (3.1)	62,230,024	37,330,010	13,886,292	-5,519,812
IRR		18.39%	15.68%	11.96%	5.72%
NPV*	EGAT (2.4)	10,225,629	-1,673,287	-12,115,906	-18,520,911
IRR		10.08%	7.88%	4.59%	-2.05%

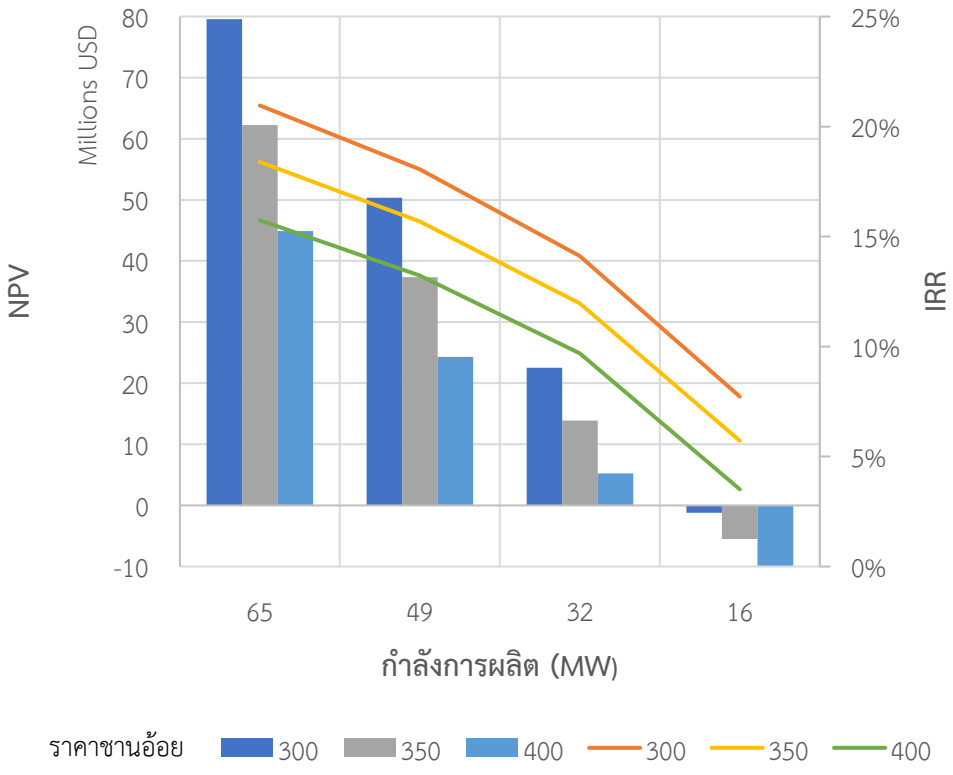
*หน่วยNPV : USD



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบแทนภานในโครงการกับกำลังการผลิตที่ต่างกัน

เมื่อพิจารณาถึงราคาชานอ้อย พบว่า ราคาชานอ้อย เมื่อราคาเปลี่ยนไป 20% ทำให้ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) เปลี่ยนไปประมาณร้อยละ 2 และ ณ ปัจจุบันชานอ้อยมีราคาตันละ 300-400 บาทนั้น จึงได้ศึกษา 3 กรณี ได้แก่ 300 350 400 กล่าวคือ เปลี่ยนแปลงไปจากค่ากลางร้อยละ 14 พบการศึกษาพบว่าในกรณีที่ใช้อัตราการขายไฟฟ้าแบบ TOU เมื่อราคาแกลบลดลง

ก็ทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลงไปด้วย ส่งผลให้ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ปรับสูงขึ้น ดัง**รูปที่ 4.9** ส่วนเมื่อกำลังการผลิตไฟฟ้าลดลง มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ก็ลดลงตามลำดับ จนกระทั่งกำลังการผลิตไฟฟ้าที่ 16 MW ไม่ว่าราคาชานอ้อยจะมีราคาถูก ก็ยังไม่เพียงพอที่จะทำให้ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) เป็นบวก หรือ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) สูงกว่า WACC ที่ร้อยละ 8.25 ได้ สำหรับราคาแกลบ เมื่อราคาเปลี่ยนไป 20% ทำให้อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) เปลี่ยนไปร้อยละ 1 จึงเรียกได้ว่าแทบจะไม่ส่งผลกระทบต่อโครงการ แต่ผลการศึกษาพบว่า ราคาแกลบมีราคาอยู่ในช่วง 1000-2000 บาท เมื่อกำหนดให้ค่ากลางเท่ากับ 1500 บาท อีก 2 กรณีจะเปลี่ยนแปลงจากค่ากลางไปประมาณร้อยละ 33 ซึ่งผลการศึกษาจะคล้ายคลึงกับราคาของชานอ้อย กล่าวคือ เมื่อกำลังการผลิตไฟฟ้าที่ 16 MW มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) และ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) จะต่ำกว่าเกณฑ์ในการเลือกลงทุน ไม่ว่าราคาแกลบจะต่ำก็ตาม



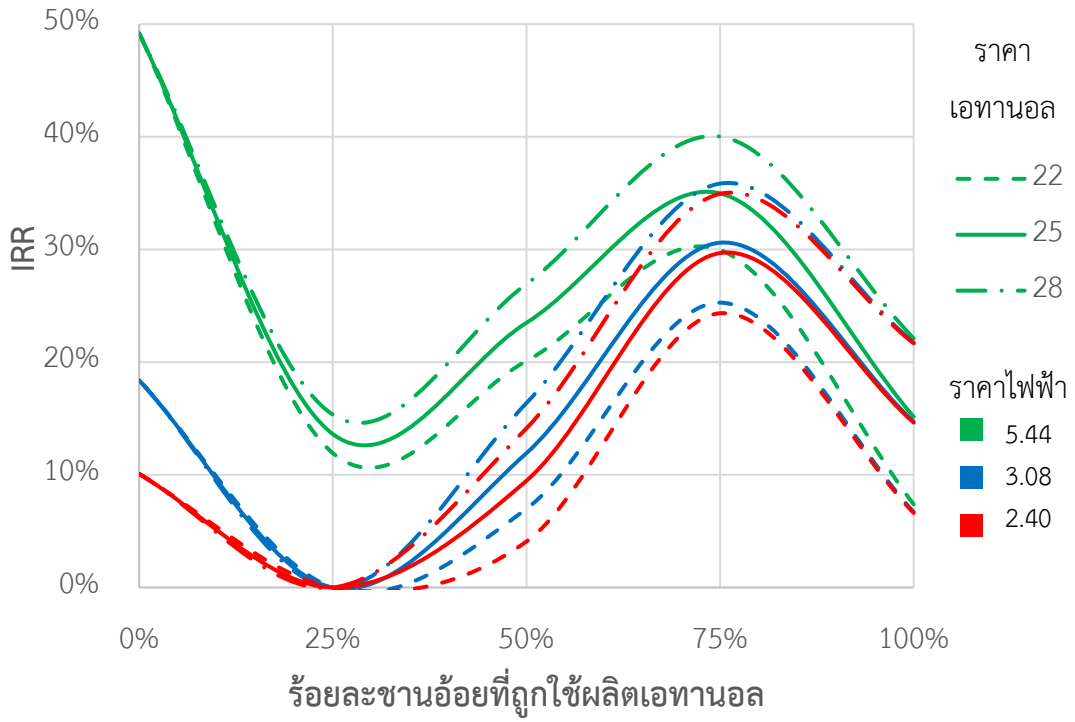
รูปที่ 4.9 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของมูลค่าปัจจุบันและผลตอบแทนภายในของโครงการที่กำลังการผลิต และราคาชานอ้อยต่างๆ

ดังนั้น จากผลการวิเคราะห์จะพบว่าปัจจัยราคาขายไฟฟ้า ส่งผลกระทบต่อโครงการมากที่สุด อันเนื่องมาจากเป็นรายได้เพียงอย่างเดียวของโครงการ พบว่าราคาขายไฟฟ้าส่งผลต่อโครงการมากที่สุด เนื่องจากการขายไฟเป็นรายได้เดียวของโครงการ รองลงมาคือราคาชานอ้อย ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักของโครงการ รองลงมาคือกำลังการผลิตเอทานอล และราคาแกลบ และเมื่อศึกษาถึงเงื่อนไขราคาขายไฟฟ้า ราคาวัตถุดิบ และรูปแบบการขายไฟฟ้าของโครงการ พบว่า การขายไฟฟ้าในอัตราแบบ FiT ทำให้ได้กำไรสูงมาก แม้กำลังการผลิตต่ำๆ ก็ยังคงได้กำไรสูงมาก ทำให้ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) สูงถึงร้อยละ 28 แต่ตามกฎหมายนั้นหากจะขายในอัตราแบบ FiT ต้องขายที่ไม่เกิน 10 MW หากขายมากกว่านั้นจะต้องขายในรูปแบบTOU ซึ่งด้วยต้นทุนเครื่องจักรที่สูง การผลิตที่กำลังการผลิตที่ต่ำ ได้ปริมาณไฟฟ้าเพื่อขายน้อย ก็จะไม่คุ้มค่าในการลงทุน หากจัดตั้งโรงผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อยควรเลือกกำลังการผลิตที่มากกว่า 30 MW หรือน้อยกว่า 10 MW

4.4.3 โครงการผลิตเอทานอลและไฟฟ้าจากชานอ้อย

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวโครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อยผู้วิจัยได้เลือกศึกษา 3 ปัจจัย อันได้แก่ 1) สัดส่วนการใช้ประโยชน์จากชานอ้อย กล่าวคือ มีทั้งหมด 5 กรณี ได้แก่ 1)แบ่งสัดส่วนการใช้ไปผลิตเอทานอลเท่ากับร้อยละ 100 75 50 25 และ0 2) ราคาขายไฟฟ้า 3) ราคาขายเอทานอล จากการศึกษา พบว่า เมื่อราคาขายเอทานอลลดลง อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ก็ลดลงเช่นกัน เช่นเดียวกับราคาขายไฟฟ้า และเมื่อเปรียบเทียบดูการผสมผสานการใช้ชานอ้อยเพื่อไปผลิตเอทานอลและไฟฟ้า จะเห็นว่า เมื่อสัดส่วนการนำชานอ้อยไปผลิตเป็นเอทานอลเพิ่มมากขึ้น ทำให้อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ลดลงไประดับนึงแล้วกลับสูงขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจะขึ้นกับทั้งราคาขายไฟฟ้าและเอทานอล ดังแสดงใน**รูปที่ 4.10**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบแทนภายในโครงการกับปริมาณชานอ้อยที่ถูกใช้ผลิตเอทานอลที่ราคาขายเอทานอลและไฟฟ้าต่างๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาข้อมูลด้านเทคโนโลยีในการผลิตเอทานอลและไฟฟ้าจากชานอ้อย รวมถึงเงินลงทุน รายรับรายจ่ายของโครงการเพื่อใช้ประโยชน์จากชานอ้อยโดยใช้เครื่องมือในการพิจารณาตัดสินใจลงทุน ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) การหาอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) และ อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) นอกจากนี้ได้ศึกษาปัจจัยต่างๆที่อาจส่งผลกระบทบต่อโครงการเพื่อให้ทราบถึงผลกระทบจากปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้ของโครงการ โดยมีข้อสรุปและข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 โครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย

จากการศึกษาเทคโนโลยีการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย โดยชานอ้อยถือเป็นวัตถุดิบประเภทลิกโนเซลลูโลส การผลิตเอทานอลจากวัตถุดิบประเภทนี้นิยมใช้วิธีการที่เรียกว่า Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) ซึ่งเป็นวิธีที่รวมระบวนการย่อยสลายและกระบวนการหมักได้ด้วยกันในเครื่องปฏิกรณ์ ทำให้ช่วยลดระยะเวลาของกระบวนการลง ลดต้นทุน อีกทั้งทำให้ได้เอทานอลมากขึ้นอีกด้วย และในการศึกษาความเป็นไปได้ของโรงงานผลิตเอทานอลจากชานอ้อยที่ใช้วิธีการผลิตSimultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) ที่มีกำลังการผลิต ราคาขายไฟ และ ราคาขายเอทานอลที่ต่างกัน พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) การหาอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ในกรณีต่างๆ เป็นดัง**ตารางที่ 5.1**

ในกรณีฐาน (กรอบสีแดง) โดยกำหนดให้มีกำลังการผลิต 1,000,000 ลิตรต่อวัน ราคาขายไฟฟ้าหน่วยละ 5.34 บาท ราคาขายเอทานอล 25 บาท โดยใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาลงทุน คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) การหาอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) และ อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) เมื่อใช้อัตราคิดลด เท่ากับ WACC ที่ร้อยละ 8.25 พบว่าโครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) อยู่ที่ 129.45 ล้าน USD อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) อยู่ที่ร้อยละ 15.15 และ มีอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) อยู่ที่ 1.17 ซึ่งค่าที่คำนวณได้ทั้งหมดเป็นไปตามเงื่อนไขของการตัดสินใจลงทุน กล่าวคือ NPV > 0, IRR > WACC และ BCR > 1 จึงสรุปได้ว่าโครงการดังกล่าวเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการลงทุน

ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์โครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยในกรณีต่างๆ

ราคาขายไฟต่อหน่วย (บาท)	ราคาขายเอทานอลต่อลิตร (บาท)	เครื่องมือทางการเงิน	กำลังการผลิต(ลิตร/วัน)			
			1000000	750000	500000	250000
5.34 (FiT)	22	NPV*	- 14.79	- 33.39	- 54.02	- 59.80
		IRR	7.38%	5.86%	2.99%	-1.70%
	25	NPV*	129.45	75.04	18.27	- 23.66
		IRR	15.15%	13.09%	9.83%	4.85%
	28	NPV*	274.35	183.47	90.55	12.48
		IRR	22.11%	19.44%	15.57%	9.90%
3.08 (TOU)	22	NPV*	- 25.57	- 41.22	- 59.24	- 62.42
		IRR	6.70%	5.22%	2.30%	-2.53%
	25	NPV*	119.01	67.21	13.05	- 26.28
		IRR	14.71%	12.67%	9.40%	4.40%
	28	NPV*	263.58	175.64	85.33	9.87
		IRR	21.74%	19.10%	15.24%	9.57%
2.40 (ราคาขายส่งของEGAT)	22	NPV*	- 26.93	- 42.24	- 59.92	- 62.76
		IRR	6.62%	5.14%	2.22%	-2.62%
	25	NPV*	117.65	66.19	12.37	- 26.62
		IRR	14.64%	12.60%	9.34%	4.35%
	28	NPV*	262.22	174.62	84.65	9.53
		IRR	21.68%	19.04%	15.19%	9.53%

*หน่วยNPV : ล้าน USD

อีกทั้งเมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ พบว่าราคาเอทานอลส่งผลต่อโครงการมากที่สุด รองลงมาคือกำลังการผลิตเอทานอล ราคาชานอ้อย และราคาขายไฟฟ้า ซึ่งเมื่อราคาชานอ้อยและราคาขาไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 20 ทำให้ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR)

เปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย กล่าวคือเมื่อราคาขายไฟฟ้าเปลี่ยนไปร้อยละ 20 ทำให้ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) เปลี่ยนไปเพียงร้อยละ 0.3 และ 1 ตามลำดับ

ในการเปรียบเทียบผลจากการเปลี่ยนแปลงราคาขายเอทานอลพบว่า หากราคาเอทานอลต่ำกว่า 22.6 บาทต่อลิตร จะทำให้ค่า อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ต่ำกว่าค่า WACC ซึ่งถือว่าไม่เป็นไปตามเงื่อนไขในการลงทุน แต่จากการศึกษาราคาเอทานอลในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา พบว่าราคาเอทานอลจะมีราคาในช่วง 23–27.5 บาทต่อลิตร โดยปัจจุบัน ราคาเอทานอลเฉลี่ยของไทย ณ ไตรมาสที่ 4/2560 อยู่ที่ 24.96 บาทต่อลิตร และราคามีแนวโน้มปรับตัวสูงขึ้น นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของขนาดโรงงานหรือกำลังการผลิตเอทานอลในแต่ละวัน พบว่าที่เอทานอลราคา 25 บาทต่อลิตร และกำลังการผลิตเท่ากับ 500,000 ลิตรต่อวัน ทำให้ค่า อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ใกล้เคียงกับ WACC และเมื่อลดกำลังการผลิตลงก็ทำให้ค่าอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ลดต่ำกว่า WACC และเมื่อดูแนวโน้มดังรูปที่ 4.5 พบว่าเมื่อโรงงานผลิตเอทานอลจากชานอ้อยมีกำลังการผลิตที่ 410,000 ลิตรต่อวัน จะทำให้ค่า อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) เท่ากับ ค่าWACC นั้นหมายความว่า ต้องใช้ชานอ้อยอย่างน้อย 590,000 ตันต่อปี ซึ่งในประเทศไทยมีชานอ้อยอยู่ประมาณ 28-29 ล้านตันต่อปี ซึ่งถือว่ามีความเป็นไปได้ที่จะจัดหาชานอ้อยในปริมาณดังกล่าวมาผลิตเอทานอล ดังนั้น โครงการจัดตั้งโรงงานผลิตเอทานอลจากชานอ้อยถือเป็นโครงการที่น่าสนใจลงทุน เมื่อจัดตั้งที่กำลังการผลิตมากกว่า 410,000 ลิตรต่อวัน และราคาเอทานอลสูงกว่า 22.60 บาท

5.1.2 โครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย

จากการศึกษาการผลิตฟ้าจากชานอ้อย วิธีการที่เหมาะสมที่สุดคือ ระบบผลิตพลังงานร่วม (Co-Generation Power Plant) เนื่องด้วยระบบดังกล่าวสามารถผลิตทั้งไฟฟ้าและความร้อน เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลได้ ดังนั้นระบบผลิตพลังงานร่วมจึงเป็นระบบที่ใช้ในการศึกษา และเมื่อศึกษาความเป็นไปได้ของโรงงานผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อยโดยระบบผลิตพลังงานร่วมที่มีกำลังการผลิต ราคาขายไฟ และรูปแบบการขายไฟที่ต่างกัน พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) การหาอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ในกรณีต่างๆ เป็นดังแสดงใน**ตารางที่5.2** พบว่าในกรณีฐาน(กรอบสีแดง) โดยกำหนดให้มีกำลังการผลิต 65 MW ซึ่งจะใช้ชานอ้อยทั้งปี เท่ากับการผลิตเอทานอลที่กำลังการผลิต1,000,000 ลิตรต่อวัน ราคาขายไฟฟ้าหน่วยละ 3.08 บาท และขายไฟฟ้าให้ทั้งการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและโรงงานผลิตน้ำตาล โดยใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาลงทุน คือมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) และอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) เมื่อใช้อัตราคิดลด เท่ากับ WACC ที่ร้อยละ

8.25 พบว่า โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) อยู่ที่ 62.23 ล้าน USD อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) อยู่ที่ร้อยละ 18.39 และ มีอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) อยู่ที่ 1.31 ซึ่งค่าที่คำนวณได้ทั้งหมดเป็นไปตามเงื่อนไขของการตัดสินใจลงทุน กล่าวคือ NPV > 0 , IRR > WACC และ BCR > 1 จึงสรุปได้ว่าโครงการดังกล่าวเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการลงทุน และหากราคาขายไฟฟ้าให้แก่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยสูงกว่าราคาที่ขายให้กับโรงงานผลิตน้ำตาล ก็จะทำให้กรณีที่ขายไฟฟ้าให้แก่รัฐบาลเพียงอย่างเดียวจะเป็นทางเลือกที่ดีกว่า แต่ในปัจจุบันราคาขายให้แก่โรงงานผลิตน้ำตาล ยึดตามอัตราขายไฟฟ้าของการไฟฟ้า ที่ใช้รูปแบบ TOU กล่าวคือ ราคาค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.2 บาทโดยประมาณ ทำให้กรณีที่โรงงานขายไฟฟ้าให้ทั้งการไฟฟ้าฝ่ายผลิตและโรงงานผลิตน้ำตาล จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจมากกว่า

ตารางที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์โครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย ในกรณีที่สัดส่วนการขายที่ต่างกัน

สัดส่วนการขายไฟ	ราคาขายไฟต่อหน่วย (บาท)	เครื่องมือทางการเงิน	กำลังการผลิต(MW)			
			65	49	32	16
ขายให้ EGAT 85%	5.34	NPV*	606.11	445.24	285.83	129.87
		IRR	59.39%	53.42%	45.96%	35.43%
	3.08	NPV*	59.20	35.06	12.37	-6.28
		IRR	17.93%	15.26%	11.57%	5.35%
	2.40	NPV*	-14.47	-20.20	-24.46	-24.70
		IRR	5.46%	3.40%	0.04%	-8.91%
ขายให้ EGAT 60% & Sugar factory 25%	5.34	NPV*	460.45	326.87	206.91	90.59
		IRR	49.20%	44.10%	37.88%	28.99%
	3.08	NPV*	62.23	37.33	13.89	-5.52
		IRR	18.39%	15.68%	11.96%	5.72%
	2.40	NPV*	10.23	-1.67	-12.12	-18.52
		IRR	10.08%	7.88%	4.59%	-2.05%

*หน่วยNPV : ล้าน USD

เมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ พบว่าราคาขายไฟฟ้าส่งผลต่อโครงการมากที่สุด เนื่องจากการขายไฟเป็นรายได้เดียวของโครงการ รองลงมาคือราคาชานอ้อย ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักของโครงการ รองลงมาคือกำลังการผลิตไฟฟ้าและราคาแกลบ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาที่ราคาขายไฟฟ้า พบว่า เมื่อราคาขายไฟฟ้าต่ำ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ก็ลดลงด้วย แต่เนื่องด้วยในประเทศไทยมีการเปิดรับซื้อไฟฟ้าจากเอกชนหลากหลายรูปแบบ ขึ้นกับปริมาณที่ขาย และวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ดังนั้นการพิจารณาโครงการจำเป็นต้องพิจารณากำลังการผลิตร่วมด้วย กล่าวคือ ในกรณีโรงงานมีกำลังการผลิต 16 MW โรงงานจะขายไฟฟ้าให้แก่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยโดยประมาณ 9 MW ซึ่งจะเข้าเกณฑ์การรับซื้อไฟฟ้ารูปแบบ FiT ซึ่งรับซื้อในราคาหน่วยละ 5.34 บาทโดยประมาณ ฉะนั้นในสถานการณ์ปัจจุบัน โครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อยที่ทุกกำลังการผลิตล้วนเป็นโครงการที่น่าสนใจทั้งสิ้น และเมื่อพิจารณาราคาชานอ้อยเพิ่มเข้าไป จะพบว่า เมื่อราคาชานอ้อยเพิ่มเป็น 400 บาท มูลค่าสุทธิของโครงการยังคงเป็นบวกอยู่ ดังนั้นในสถานการณ์ปัจจุบันโครงการดังกล่าวถือเป็นโครงการที่น่าสนใจอย่างมาก ในทางกลับกันหากราคาชานอ้อยสูงกว่า 540 บาท หรือ ไม่มีการสนับสนุนราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนของภาครัฐ จะทำให้อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ต่ำกว่า WACC ซึ่งหมายความว่าโครงการไม่น่าลงทุนสำหรับ

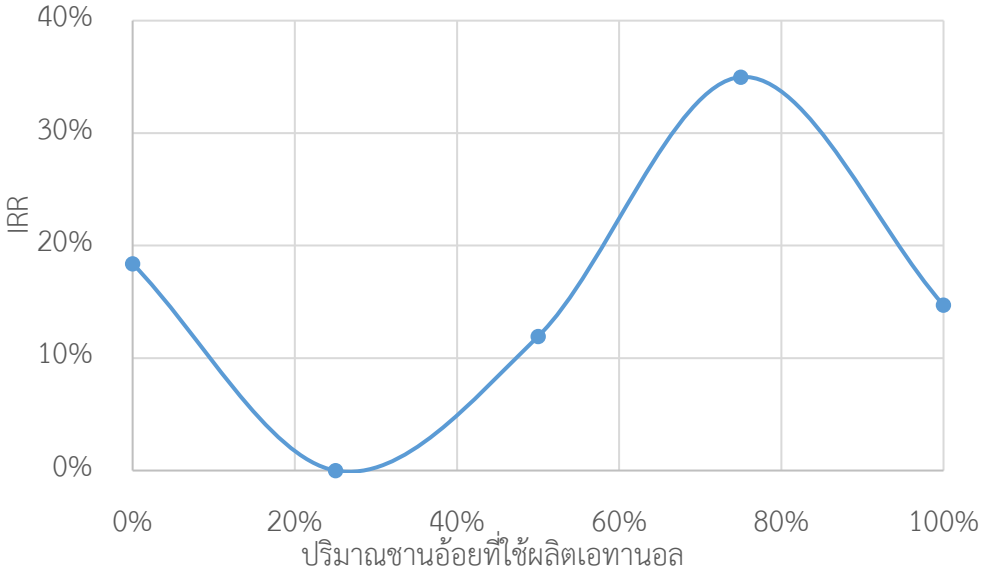
นอกจากนี้การตั้งโรงไฟฟ้าจากชานอ้อยนั้นควรตั้งในบริเวณใกล้กับโรงงานผลิตน้ำตาล เพื่อลดต้นทุนในการขนส่งชานอ้อย และค่าบริหารในการจัดส่งไฟฟ้าและความร้อนไปใช้ในโรงงานผลิตน้ำตาล ซึ่งการขายไฟให้กับโรงงานน้ำตาลทำให้เราได้รายได้เพิ่มมากขึ้นอีกทั้งยังถือเป็นการลดต้นทุนของโรงงานน้ำตาลเองด้วยที่ได้ต้องผลิตไอน้ำและไฟฟ้าเอง และสำหรับการเลือกใช้เชื้อเพลิงเสริมเป็นแกลบนั้น ก็เป็นสิ่งที่ดีเพราะเป็นของเหลือในภาคการเกษตร และให้ความร้อนดีกว่าชานอ้อยประมาณร้อยละ 30-40 แต่ด้วยในปัจจุบันราคาค่อนข้างสูง โรงผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กอาจต้องเลือกใช้วัตถุดิบอื่นแทนเพื่อลดต้นทุนในส่วนนี้โครงการจึงจะสามารถดำเนินการต่อไปได้

5.1.3 โครงการผลิคไฟฟ้าและเอทานอลจากชานอ้อย

เมื่อศึกษาการนำชานอ้อยมาใช้ประโยชน์ในการผลิตทั้งเอทานอล และไฟฟ้า ร่วมกัน โดยในการศึกษาได้เปรียบเทียบที่ปริมาณชานอ้อยที่เท่ากัน นั้นก็คือ 1.4 ล้านตันต่อปี ซึ่งจะใช้ปริมาณชานอ้อยเท่ากับโครงการผลิตเอทานอลที่กำลังการผลิต 1,000,000 ลิตรต่อวัน และ โครงการผลิตไฟฟ้าที่กำลังการผลิต 65 MW พบว่า โครงการนี้มีผลกระทบจากหลายปัจจัย โดยมีแนวโน้มที่ต่างกันออกไป โดยในกรณีที่ราคาขายไฟฟ้าเท่ากับ 3.08 และ 2.40 การใช้ชานอ้อยผลิตทั้งสองอย่างร่วมกันทำให้ ค่าอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) น้อยกว่ากรณีที่เลือกใช้ประโยชน์ในทางใดทางหนึ่ง และทางเลือกที่ดีที่สุดคือการนำชานอ้อยไปผลิตเอทานอล เนื่องจากหลายๆปัจจัย อันได้แก่ 1) ต้นทุนที่ใช้

ในการก่อสร้างโรงงาน ต้นทุนของการสร้างโรงงานผลิตเอทานอลนั้นใช้ต้นทุนที่สูงกว่าโรงงานผลิตไฟฟ้าถึงประมาณ 3 เท่า การทำทั้ง 2 อย่างร่วมกันทำให้ต้องเงินลงทุนสูงใกล้เคียงกับการผลิตเอทานอลอย่างเดียว 2) รายรับที่ได้ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว แม้จะทำให้ได้ไฟฟ้าที่มากขึ้น แต่ด้วยราคาขายไฟฟ้าที่ต่ำ ทำให้เมื่อคำนวณรายได้แล้วก็ยังต่ำกว่าการนำชานอ้อยไปผลิตเอทานอลเพียงอย่างเดียว ในทางกลับกันสำหรับกรณีที่ราคาขายไฟฟ้า เท่ากับ 5.34 บาทต่อหน่วย การเพิ่มสัดส่วนไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ถือเป็นผลที่ดี

เมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบในสถานการณ์ปัจจุบัน กล่าวคือ ราคาเอทานอล 25 บาทต่อลิตร ราคาขายไฟฟ้าหากขายปริมาณมากกว่า 10 MW จะใช้รูปแบบ TOU แต่หากน้อยกว่าจะใช้รูปแบบ FiT พบว่าผลตอบแทนภายในของโครงการ(IRR) เป็นดังแสดงใน**รูปที่5.1** จะเห็นว่า หากใช้ชานอ้อยผลิตเอทานอลร้อยละ 75 และส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 25 นำไปผลิตไฟฟ้าทำให้ได้อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ที่สูงที่สุด เนื่องด้วยหากผลิตไฟฟ้าในปริมาณนี้จะสามารถขายไฟฟ้าในรูปแบบ FiT ซึ่งมีราคาต่อหน่วยโดยประมาณ 5.34 บาท ทำให้รายรับมากกว่าการผลิตเอทานอลอย่างเดียว แต่ในขณะที่เพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าจะทำให้ต้องขายไฟฟ้าในรูปแบบของ TOU ซึ่งถูกกว่าแบบ FiT ถึง ร้อยละ 40 ทำให้รายรับน้อยลงอย่างมาก อีกทั้งในด้านต้นทุนในการก่อสร้างโรงงานก็ลดลงไม่มาก นั้นจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ ผลตอบแทนภายในของโครงการมีค่าน้อยลง แต่ถ้าหากเลือกที่จะนำชานอ้อยไปผลิตไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว ถึงแม้จะต้องขายรูปแบบของTOU แต่ด้วยต้นทุนการก่อสร้างและต้นทุนการผลิต ไม่สูงเท่าการผลิตเอทานอล ทำให้ผลตอบแทนภายในโครงการกลับมีค่าสูง ใกล้เคียงกับการใช้ชานอ้อยผลิตเอทานอลร้อยละ 75



รูปที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์โครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย ในกรณีที่สัดส่วนการขายที่ต่างกัน

5.1.4 **สรุปผลการเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์จากชานอ้อย**

จากการศึกษาจึงสรุปได้ว่า การใช้ประโยชน์จากชานอ้อย สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบ ทั้งสามโครงการมีความเป็นได้ในลงทุนทั้งหมด และมีความเสี่ยงที่ต่างกันออกไป ในแง่ของโครงการผลิตเอทานอลต้องใช้เงินลงทุนที่สูง ต้องทำในระดับกำลังการผลิตที่สูง จึงจะคุ้มทุน แต่เรื่องของราคาเอทานอลมีแนวโน้มปรับตัวสูงขึ้น ซึ่งนั้นส่งผลดีต่อโครงการอย่างมาก กล่าวได้ว่า ในปัจจุบันที่ราคาเอทานอล 25 บาทต่อลิตร โครงการเป็นที่น่าาลงทุนเมื่อมีกำลังการผลิตที่มากกว่า 410,000 ลิตรต่อวัน อีกทั้งในกรณีกำลังการผลิตของโครงงานคือ 1,000,000 ล้านลิตรต่อวัน หากราคาเอทานอลต่ำกว่า 22.6 บาทต่อลิตร โครงการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยจะเป็นโครงการที่ไม่น่าลงทุน แต่ในปัจจุบันราคาเอทานอลเท่ากับ 25.13 บาทต่อลิตร และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อยใช้เงินลงทุนไม่สูง อีกทั้งไฟฟ้าและไอน้ำที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้ในโรงงานน้ำตาลได้ ซึ่งถือเป็นการลงต้นทุนให้แกโรงงานน้ำตาลได้อีกด้วย ทั้งนี้หากตั้งโรงงานแยกออกจากโรงงานน้ำตาล ก็จะต้องเสียค่าขนส่งเพิ่มขึ้น อีกทั้งหากรัฐบาลไม่สนับสนุนราคารับซื้อไฟจากโรงไฟฟ้าชีวมวลก็จะทำให้โครงการขนาดเล็กไม่คุ้มค่าในการลงทุนได้ กล่าวคือ หากรัฐบาลไม่มีการสนับสนุนและให้ขายไฟฟ้าในอัตราเดียวกับที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยขายส่ง จะทำให้โครงการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อยที่มีกำลังการผลิตน้อยกว่า 50 MWไม่คุ้มทุน นอกจากนี้เมื่อพิจารณาการประยุกต์ทั้งสองเทคโนโลยีภายในโรงงานเดียวกันควรจะใช้ชานอ้อยในการผลิตเอทานอลในสัดส่วน 75% ของปริมาณชานอ้อยทั้งหมด จึงจะคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องด้วยการลงทุนเอทานอลที่สูงการผลิตในปริมาณน้อยจะไม่คุ้มค่า อีกทั้งหากผลิตไฟฟ้าปริมาณมาก การขายไฟฟ้าจะถูกบังคับให้ขายในอัตราราคาที่ถูกลง ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ชานอ้อยไปผลิตเอทานอลในสัดส่วนที่มากกว่านำไปผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนั้นในการเลือกใช้ประโยชน์จากชานอ้อยก็ต้องมองในหลายๆแง่มุม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องของราคาเอทานอลและอัตราการรับซื้อไฟฟ้าของภาครัฐ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1) ภาครัฐควรส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเอทานอลจากเซลลูโลส ซึ่งขณะนี้มีต้นทุนค่อนข้างสูง และในปัจจุบันมีแนวโน้มการใช้เอทานอลเพิ่มสูงขึ้น เพื่อเพิ่มทางเลือกในการผลิตเอทานอล ทำให้มีปริมาณเอทานอลเพียงพอต่อความต้องการ และลดการนำเข้าจากต่างประเทศ
2) ภาครัฐควรดำเนินนโยบายในการอุดหนุนราคารับซื้อไฟฟ้า และมาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Feed-In Tariff: FIT) ต่อไป เพื่อให้กิจการโรงไฟฟ้าขนาดเล็กมาก สามารถดำเนินกิจการต่อไปได้

3) นโยบายของภาครัฐควรมีความแน่นอนในระยะยาว

5.3 ข้อจำกัดในงานวิจัย

1) ต้นทุนของการลงทุนของโครงการใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากงานวิจัยอื่น ซึ่งเป็นต้นทุนในต่างประเทศ และราคาเครื่องจักรอ้างอิงราคาในปี ค.ศ.2010 จึงอาจไม่สะท้อนถึงต้นทุนที่แท้จริงของโครงการ
2) ในงานวิจัยนี้เลือกศึกษาเจาะลึกเฉพาะเทคโนโลยี Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) สำหรับผลิตเอทานอล และ เทคโนโลยีระบบผลิตพลังงานร่วม (Co-Generation) สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า

5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

1) ควรทำการสำรวจราคาเครื่องจักร และต้นทุนต่างๆ จากผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้าและเอทานอล เพื่อจะได้ข้อมูลต้นทุนที่แท้จริง
2) ทำการศึกษาเจาะลึกในเทคโนโลยีอื่นๆ ในการผลิตไฟฟ้าและเอทานอลจากชานอ้อยเพิ่มเติม เช่น Simultaneous Saccharification and Co-current Fermentation (SSCF)
3) ศึกษาปัจจัยในการพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าและเอทานอล เพื่อหาแนวทางในการลดต้นทุนในการผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายการอ้างอิง

F. Kabir Kazi, J. F., and R. Anex. (2010). *Techno-Economic Analysis of Biochemical Scenarios for Production of Cellulosic Ethanol*. Colorado: National Renewable Energy Laboratory.

Felipe F Furlan, R. T. F., Fabio HPB Pint, Caliane BB Costa, Antonio JG Cruz. (2013). Bioelectricity versus bioethanol from sugarcane bagasse: is it worth being flexible. *Biotechnology for Biofuels*, 142.

Mergner, R., Janssen, R., Rutz, D., & Sissot, F. (2013). *Lignocellulosic Ethanol Process and Demonstration (Part 1)*. Munich,Germany: WIP Renewable Energies,.

Office, A. b. (2015). Topics Archives > Completion of a Plant that Produces Bioethanol from Bagasse in Thailand. *Asia biomass office*. Retrieved from https://www.asiabiomass.jp/english/topics/1510_02.html

S. Sánchez-Segado, L. J. L., A.P. de los Ríos, F.J. Hernández-Fernández, C. Godínez, D. Juan. (2012). Process design and economic analysis of a hypothetical bioethanol production plant using carob pod as feedstock. *Bioresource Technology*, 324–328.

University, S. T. (Producer). (2015). การวิเคราะห์โครงการ. การวิเคราะห์โครงการ : มุมมองทางการเงินและทางเศรษฐศาสตร์. Retrieved from http://www.stou.ac.th/stouonline/lom/data/sec/Lom14/05-01.html

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2016). เชื้อเพลิงเอทานอล. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. Retrieved from http://webkc.dede.go.th/webmax/sites/default/files/%E0%B9%80%E0%B8%8A%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%87%20%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%97%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%AD%E0%B8%A5.pdf

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (Producer). (2017). คำศัพท์พลังงานน่ารู้. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. Retrieved from http://www.eppo.go.th/Energy_Dict/C.htm

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กระทรวงพลังงาน, ส. (Producer). (2015). นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff. สำนักนโยบายและแผน กระทรวงพลังงาน. Retrieved from www.eppo.go.th

กฤติยรังสิต, ก. (2011). การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย. (2016). รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยปีการผลิต2558/59. ส้านักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. Retrieved from www.ocsb.go.th/upload/OCSBActivity/fileupload/8071-2689.pdf

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (Producer). (2015). อัตราค่าไฟฟ้าจำแนกตามกิจการไฟฟ้า. Retrieved from www.esd.pea.co.th

คณะกรรมการก้ากับกิจการพลังงาน (Producer). (2016). คณะกรรมการก้ากับกิจการพลังงาน. Retrieved from http://www.erc.or.th/ERCWeb2/Default.aspx

ชัชนันท์ นิวาสวงษ์, เ. เ. (2012). การผลิตเซลลูโลซิกเอทานอลในประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่*40* ฉบับที่*4*, 1073-1088.

ธนาคารแห่งประเทศไทย (Producer). (2018). รายงานสถานการณ์ราคาสินค้าเกษตรสำคัญ. ธนาคารแห่งประเทศไทย. Retrieved from https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/NorthEastern/Pages/commodities.aspx

บริษัทมิตรผลไบโอ-เพาเวอร์จำกัด (Producer). (2017). ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าชีวมวล. *mitrpholgroup*. Retrieved from https://www.mitrphol.com/page_detail.php?p=2&topic=20

ผู้จัดการสุดสัปดาห์ (Producer). (2018). ล้มกระดานพลังงานทดแทน ไม่รับซื้อรื้อใหญ่แผนผลิตไฟฟ้า ดับฝันอร่อยกลุ่มทุน - หุ้นแดงเถือก,. Retrieved from www. mgronline.com

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน (Producer). (2017). อ้อย. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. Retrieved from http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=5&chap=3&page=t5-3-infodetail18.html

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2016). โครงการจัดทายุทธศาสตร์และประเมินประสิทธิภาพการใช้อ้อยและผลิตภัณฑ์จากอ้อยในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ (Bio-fuels).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. Retrieved from www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/8469-7245.pdf

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ผ.1 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนค่าอุปกรณ์ รวมทั้งค่าติดตั้ง ของกรณีฐานโครงการผลิตเอทานอล (หน่วย: USD)

รหัสเครื่องมือ	ชื่อเครื่องมือและอุปกรณ์	ปีฐาน	ราคาเครื่องมือต่อหน่วย	จำนวน (ชิ้น)	ค่าเครื่องมือรวม ณ ปีฐาน	Size Ratio	Scaling Exponent	ค่าเครื่องมือปรับแก้ ณ ปีฐาน	Installation Factor	ค่าเครื่องมือและค่าติดตั้ง ณ ปีฐาน
C-101	Bale Transport Conveyor	2000	400,000	2	800,000	0.57	0.60	568,963	1.62	921,721
C-102	Bale Unwrapping Conveyor	2000	150,000	2	300,000	0.57	0.60	213,361	1.19	253,900
C-103	Belt Press Discharge Conveyor	2000	50,000	1	50,000	0.57	0.60	35,560	1.89	67,209
C-104	Shredder Feed Conveyor	2000	60,000	4	240,000	0.57	0.60	170,689	1.38	235,551
M-101	Truck Scales	2000	34,000	2	68,000	0.57	0.60	48,362	2.47	119,454
M-102	Truck Unloading Forklift	2000	18,000	4	72,000	0.57	1.00	40,800	1	40,800
M-103	Bale Moving Forklift	2000	18,000	4	72,000	0.57	1.00	40,800	1	40,800
M-104	Corn Stover Wash Table	2000	104,000	2	208,000	0.57	0.60	147,930	2.39	353,554
M-105	Shredder	2000	302,000	4	1,208,000	0.57	0.60	859,135	1.38	1,185,606
M-106	Concrete Feedstock-Storage Slab	2000	450,655	1	450,655	0.57	1.00	255,369	2.2	561,812
M-107	Polymer Feed System	2000	30,000	1	30,000	0.57	0.60	21,336	2.28	48,646
P-101	Wash Table Pump	2000	20,000	2	40,000	0.57	0.79	25,538	3.87	98,832
P-102	Wash Water Pump	2000	15,000	2	30,000	0.57	0.79	19,153	5.19	99,406
P-103	Clarifier Underflow Pump	2000	6,000	1	6,000	0.57	0.79	3,831	13.41	51,370
P-104	Clarified Water Pump	2000	15,000	1	15,000	0.57	0.79	9,577	7.07	67,707
P-105	Belt Press SumpPump	2000	19,000	1	19,000	0.57	0.79	12,131	2.92	35,421
S-101	Clarifier Thickener	2000	135,000	1	135,000	0.57	0.60	96,013	1.51	144,979
S-102	Belt Press	2000	100,000	1	100,000	0.57	0.60	71,120	1.25	88,901
S-103	Magnetic Separator	1998	13,863	1	13,863	0.57	0.60	7,350	1.3	9,555
T-101	Wash Water Tank	2000	50,000	1	50,000	0.57	0.51	37,425	2.8	104,791
T-102	Clarifier Thickener	2000	135,000	1	135,000	0.57	0.51	101,048	3.04	307,187
A100	รวมทั้งสิ้น				4,135,518	N/A	N/A	2,785,491	N/A	4,837,199

รหัสเครื่องมือ	ชื่อเครื่องมือและอุปกรณ์	ปีฐาน	ราคาเครื่องมือต่อหน่วย	จำนวน (ชิ้น)	ค่าเครื่องมือรวม ณ ปีฐาน	Size Ratio	Scaling Exponent	ค่าเครื่องมือปรับแก้ ณ ปีฐาน	Installation Factor	ค่าเครื่องมือและค่าติดตั้ง ณ ปีฐาน
A-201	In-line Sulfuric Acid Mixer	1997	1,900	1	1,900	1.86	0.48	2,559	1	2,559
A-205	Hydrolyzate Mix Tank Agitator	1997	36,000	1	36,000	0.66	0.51	29,129	1.2	34,955
A-209	Overliming Tank Agitator	1997	19,800	1	19,800	1.81	0.51	26,773	1.3	34,805
A-224	Reacidification Tank Agitator	1997	65,200	1	65,200	1.83	0.51	88,782	1.2	106,539
C-201	Hydrolyzate Screw Conveyor	1997	59,400	1	59,400	1.05	0.78	61,802	1.3	80,343
C-202	Hydrolyzate Washed Solids Belt Conveyor	2000	80,000	1	80,000	0.85	0.76	70,687	1.45	102,496
H-200	Hydrolyzate Cooler	1997	45,000	1	45,000	1.15	0.51	48,344	2.1	101,522
H-201	Beer Column Feed Economizer	1997	132,800	1	132,800	0.97	0.68	130,521	2.1	274,094
H-205	Pneumapress Vent Condensor	2000	15,385	1	15,385	1.47	0.68	19,962	2.1	41,920
H-244	Waste Vapor Condensor	1997	132,800	1	132,800	0.14	0.68	34,275	2.1	71,978
M-202	Prehydrolysis/Screw Feeder/Reactor	2000	2,454,982	3	7,364,946	0.90	0.6	6,913,772	2.29	15,832,539
P-201	Sulfuric Acid Pump	1997	4,800	1	4,800	5.04	0.79	17,224	2.8	48,226
P-205	Pneumapress Feed Pump	2000	15,416	1	15,416	0.85	0.79	13,517	3.34	45,146
P-209	Overlimed Hydrolyzate Pump	1997	10,700	1	10,700	1.81	0.79	17,075	2.8	47,809
P-211	Primary Filtrate Pump	2000	32,549	1	32,549	1.17	0.79	36,829	3.56	131,113
P-222	Filtered Hydrolyzate Pump	1997	10,800	1	10,800	1.81	0.79	17,222	2.8	48,220
P-224	Saccharification Feed Pump	1998	61,368	1	61,368	1.16	0.7	68,075	2.8	190,610
P-239	Reacidified Liquor Pump	1997	10,800	1	10,800	1.83	0.79	17,423	2.8	48,784
S-205	Pneumapress Filter	2000	1,575,000	3	4,725,000	0.68	0.6	3,740,180	1.05	3,927,189
S-222	Hydroclone & Rotary Drum Filter	1998	165,000	1	165,000	2.66	0.39	241,803	1.4	338,524
T-201	Sulfuric Acid Tank	1996	5,760	1	5,760	5.04	0.71	18,160	1.4	25,424
T-203	Blowdown Tank	1997	64,100	1	64,100	1.04	0.93	66,589	1.2	79,907

รหัสเครื่องมือ	ชื่อเครื่องมือและอุปกรณ์	ปี ฐาน	ราคาเครื่องมือ ต่อหน่วย	จำนวน (ชิ้น)	ค่าเครื่องมือ รวม ณ ปี ฐาน	Size Ratio	Scaling Exponent	ค่าเครื่องมือ ปรับแก้ ณ ปี ฐาน	Installation Factor	ค่าเครื่องมือและ ค่าติดตั้ง ณ ปี ฐาน
T-205	Hydrolyzate Mixing Tank	1997	44,800	1	44,800	0.66	0.71	33,361	1.2	40,033
T-205	Overliming Tank	1997	71,000	1	71,000	1.81	0.71	108,061	1.4	151,286
T-211	Primary Filtratem Tank	2000	36,000	1	36,000	1.17	0.71	40,228	2.45	98,558
T-224	Reacidification Tank	1997	147,800	1	147,800	1.83	0.51	201,258	1.2	241,510
A200				Subtotal	13,359,124			12,063,612		22,146,089
A-300	Ethanol Fermentor Agitator	1996	19,676	24	472,224			472,224	1.2	566,669
A-301	Seed Hold Tank Agitator	1996	12,551	1	12,551	0.98	0.51	12,401	1.2	14,882
A-304	4th Seed Vessel Agitator	1996	11,700	2	23,400	0.98	0.51	23,121	1.2	27,745
A-305	5th Seed Vessel Agitator	1997	10,340	2	20,680	0.98	0.51	20,433	1.2	24,520
A-306	Beer Surge Tank Agitator	1998	48,700	2	97,400	1.12	0.51	103,405	1.2	124,086
A-310	Saccharification Tank Agitator	1996	19676	30	590,280			590,280	1.2	708,336
F-300	Ethanol Fermentor	1999	493,391	12	5,920,692			5,920,692	1.2	7,104,830
F-301	1st Seed Fermentor	1997	14,700	2	29,400			29,400	2.8	82,320
F-302	2nd Seed Fermentor	1997	32,600	2	65,200			65,200	2.8	182,560
F-303	3rd Seed Fermentor	1997	81,100	2	162,200			162,200	2.8	454,160
F-304	4th Seed Fermentor	1997	39,500	2	79,000	0.98	0.93	77,291	1.2	92,749
F-305	5th Seed Fermentor	1998	147,245	2	294,490	0.98	0.51	290,979	1.2	349,175
H-300	Fermentation Cooler	1997	4,000	12	48,000	1.91	0.78	79,546	2.1	167,047
H-301	Hydrolyzate Heater	2001	22,400	1	22,400	1.47	0.68	29,092	2.1	61,093
H-302	Saccharified Slurry Cooler	1998	25,409	3	76,227	0.00	0.78	-	2.1	-
H-304	4th Seed Fermentor Coil	1997	3,300	1	3,300	2.06	0.83	6,018	1.2	7,221
H-305	5th Seed Fermentor Coil	1997	18,800	1	18,800	2.06	0.98	38,214	1.2	45,857
H-310	Saccharification Cooler	1997	4,000	15	60,000	0.03	0.78	3,378	2.1	7,094
P-300	Fermentation Recirc/Transfer Pump	1997	8,000	12	96,000	1.91	0.79	160,281	2.8	448,787
P-301	Seed Hold Transfer Pump	1998	22,194	1	22,194	0.98	0.7	21,832	1.4	30,564

รหัสเครื่องมือ	ชื่อเครื่องมือและอุปกรณ์	ปี ฐาน	ราคาเครื่องมือ ต่อหน่วย	จำนวน (ชิ้น)	ค่าเครื่องมือ รวม ณ ปี ฐาน	Size Ratio	Scaling Exponent	ค่าเครื่องมือ ปรับแก้ ณ ปี ฐาน	Installation Factor	ค่าเครื่องมือและ ค่าติดตั้ง ณ ปี ฐาน
P-302	Seed Transfer Pump	1998	54,088	2	108,176	0.98	0.7	106,410	1.4	148,974
P-306	Beer Transfer Pump Saccharification	1997	17,300	2	34,600	1.12	0.79	37,960	2.8	106,287
P-310	Recirc/Transfer Pump	1997	8,000	15	120,000	0.03	0.79	6,517	2.8	18,249
T-301	Seed Hold Tank	1998	161,593	1	161,593	0.98	0.51	159,666	1.2	191,600
T-306	Beer Storage Tank	1998	237,700	1	237,700	1.12	0.71	258,345	1.2	310,014
T-310	Saccharification Tank	1998	493,391	15	7,400,865			7,400,865	1.2	8,881,038
P-211	Primary Filtrate Pump	2000	32,549	3	97,647	1.17	0.79	110,488	3.56	393,338
T-211	Primary Filtrate Tank	2000	36,000	3	108,000	1.17	0.71	120,683	2.45	295,674
A300			subtotal		16,383,019			16,306,923		20,844,869
A-430	Recycled Water Tank Agitator	1998	5963	1	5,963	1.47	0.51	7,254	1.3	9,430
C-401	Lignin Wet Cake Screw	1997	31700	1	31,700	0.48	0.78	17,811	1.4	24,936
D-401	Beer Column	1998	478100	1	478,100	1.18	0.68	533,966	2.1	1,121,329
D-402	Rectification Column	1996	525800	1	525,800	1.10	0.68	560,824	2.1	1,177,730
E-401	1st Effect Evaporation	1996	544595	2	1,089,190	1.45	0.68	1,405,372	2.1	2,951,282
E-402	2nd Effect Evaporation	1996	435650	1	435,650	1.45	0.68	562,115	2.1	1,180,442
E-403	3rd Effect Evaporation	1996	435650	2	871,300	1.45	0.68	1,124,231	2.1	2,360,884
H-401	Beer Column Reboiler	1996	158374	1	158,374	1.13	0.68	172,137	2.1	361,488
H-402	Rectification Column Reboiler	1997	29600	1	29,600	1.13	0.68	32,074	2.1	67,354
H-404	Beer Column Condenser	1996	29544	2	59,088	0.45	0.68	34,331	2.1	72,095
H-404	Start-up Rect. Column Condenser	1996	86174	1	86,174	1.08	0.68	90,570	2.1	190,197
H-412	Beer Column Feed Interchanger	1996	19040	1	19,040	1.01	0.68	19,111	2.1	40,133
H-417	Evaporator Condenser	1996	121576	3	364,728	1.38	0.68	452,913	2.1	951,118
M-403	Molecular Sieve (9 pieces)	1998	2700000	1	2,700,000	0.93	0.7	2,565,830	1	2,565,830
P-401	Beer Column Bottoms Pump	1997	42300	2	84,600	1.19	0.79	96,934	2.8	271,416
P-403	Beer Column Reflux Pump	1998	1357	1	1,357	0.45	0.79	727	2.8	2,035

รหัสเครื่องมือ	ชื่อเครื่องมือและอุปกรณ์	ปี ฐาน	ราคาเครื่องมือ ต่อหน่วย	จำนวน (ชิ้น)	ค่าเครื่องมือ รวม ณ ปี ฐาน	Size Ratio	Scaling Exponent	ค่าเครื่องมือ ปรับแก้ ณ ปี ฐาน	Installation Factor	ค่าเครื่องมือและ ค่าติดตั้ง ณ ปี ฐาน
P-404	Rectification Column Bottoms Pump	1998	4916	3	14,748	1.16	0.79	16,596	2.8	46,468
P-404	Rectification Column Reflux Pump	1998	4782	2	9,564	1.06	0.79	9,981	2.8	27,948
P-411	1st Effect Pump	1997	19700	3	59,100	1.12	0.79	64,481	2.8	180,547
P-412	2nd Effect Pump	1997	13900	2	27,800	1.51	0.79	38,551	2.8	107,943
P-413	3rd Effect Pump	1997	8000	3	24,000	1.63	0.79	35,365	2.8	99,022
P-414	Evaporator Condensate Pump	1997	12300	2	24,600	1.29	0.79	30,104	2.8	84,290
P-415	Scrubber Bottoms Pump	1998	2793	1	2,793	1.18	0.79	3,188	2.8	8,926
P-430	Recycled Water Pump	1997	10600	3	31,800	1.47	0.79	43,076	2.8	120,614
S-405	Pneumapress Filter	2000	1418750	4	5,675,000	0.70	0.6	4,598,828	1.04	4,782,781
T-403	Beer Column Relfux Drum	1997	11900	1	11,900	0.00	0.93	11,900	2.1	24,990
T-405	Rectification Drum Column Reflux	1997	45600	1	45,600	1.08	0.72	48,060	2.1	100,927
T-412	Vent Scrubber	1998	99000	1	99,000	1.02	0.78	100,635	2.1	211,333
T-414	Evaporator Condensate Drum	1998	37200	1	37,200	1.10	0.93	40,609	2.1	85,280
T-430	Recycled Water Tank	1998	14515	2	29,030	1.47	0.745	38,650	1.4	54,110
A400					13,032,799			12,756,224		19,282,876
A-502	Equalization Basin Agitator	1997	28,400	1	28,400	0.46	0.51	19,007	1.2	22,808
A-506	Anaerobic Agitator	1997	30,300	1	30,300	0.50	0.51	21,188	1.2	25,425
A-508	Aerobic Lagoon Agitator	1998	31,250	16	500,000	0.13	0.51	178,707	1.4	250,190
C-514	Aerobic Sludge Screw Anaerobic	1997	5,700	1	5,700	0.11	0.78	1,051	1.4	1,472
H-502	Digestor Feed Cooler	1997	128,600	1	128,600	0.41	0.74	66,920	2.1	140,533
M-504	Nutrient Feed System	1998	31,400	1	31,400			31,400	2.58	81,012
M-506	Biogas Emergency Flare	1998	20,739	1	20,739	0.11	0.6	5,622	1.68	9,444
M-512	Filter Precoat System	1998	3,000	1	3,000			3,000	1.4	4,200

รหัสเครื่องมือ	ชื่อเครื่องมือและอุปกรณ์	ปี ฐาน	ราคาเครื่องมือ ต่อหน่วย	จำนวน (ชิ้น)	ค่าเครื่องมือ รวม ณ ปี ฐาน	Size Ratio	Scaling Exponent	ค่าเครื่องมือ ปรับแก้ ณ ปี ฐาน	Installation Factor	ค่าเครื่องมือและ ค่าติดตั้ง ณ ปี ฐาน
P-502	Anaerobic Reactor Feed Pump	1997	11,400	2	22,800	0.46	0.79	12,240	2.8	34,271
P-505	Aerobic Digestor Feed Pump	1997	10,700	2	21,400	0.46	0.79	11,574	2.8	32,408
P-508	Aerobic Sludge Recycle Pump	1997	11,100	1	11,100	0.12	0.79	2,022	1.4	2,831
P-510	Aerobic Sludge Pump	1997	11,100	1	11,100	0.12	0.79	2,022	1.4	2,831
P-511	Aerobic Digestion Outlet Pump	1997	10,700	2	21,400	0.46	0.79	11,498	2.8	32,196
P-514	Sludge Filtrate Recycle Pump	1997	6,100	2	12,200	0.12	0.79	2,226	2.8	6,232
P-515	Treated Water Pump	1997	10,600	2	21,200	0.47	0.79	11,607	2.8	32,499
S-500	Bar Screen	1991	117,818	1	117,818	0.46	0.3	93,028	1.2	111,634
S-514	Belt Filter Press	1998	650,223	1	650,223	0.13	0.72	151,659	1.8	272,987
T-502	Equalization Basin	1998	350,800	1	350,800	0.46	0.51	234,772	1.42	333,376
T-505	Anaerobic Digestor	1998	881,081	1	881,081	0.50	0.51	616,103	1.04	640,747
T-508	Aerobic Digestor	1998	635,173	1	635,173	0.46	1	291,775	1	291,775
T-510	Clarifier	1998	174,385	1	174,385	0.46	0.51	117,271	1.96	229,852
A500					3,678,819			1,884,692		2,558,721
A-601	Denaturant In-line Mixer	1997	1,900	1	1,900	1.02	0.48	1,919	1	1,919
A-620	CSL Storage Tank Agitator	1996	12,551	1	12,551	0.11	0.51	4,023	1.2	4,828
A-660	CSL/DAP Day Tank Agitator	2001	12,795	1	12,795	3.21	0.51	23,177	1.2	27,813
C-655	DAP Solids Feeder	1997	3,900	1	3,900			3,900	1.3	5,070
P-601	Ethanol Product Pump	1997	7,500	3	22,500	1.03	0.79	22,981	2.8	64,346
P-603	Sulfuric Acid Pump	1997	8,000	2	16,000	5.04	0.79	57,412	2.8	160,754
P-604	Firewater Pump	1997	18,400	2	36,800	1.03	0.79	37,586	2.8	105,241
P-610	Gasoline Pump	1997	4,500	2	9,000	0.89	0.79	8,180	2.8	22,905
P-620	CSL Pump	1997	8,800	2	17,600	2.20	0.79	32,824	2.8	91,908
P-650	Cellulase Pump	1997	18,400	2	36,800	1.28	0.79	44,638	2.8	124,985
P-655	DAP Unloading Blower	1998	47,600	1	47,600	0.19	0.5	21,009	1.4	29,413

รหัสเครื่องมือ	ชื่อเครื่องมือและอุปกรณ์	ปี ฐาน	ราคาเครื่องมือ ต่อหน่วย	จำนวน (ชิ้น)	ค่าเครื่องมือ รวม ณ ปี ฐาน	Size Ratio	Scaling Exponent	ค่าเครื่องมือ ปรับแก้ ณ ปี ฐาน	Installation Factor	ค่าเครื่องมือและ ค่าติดตั้ง ณ ปี ฐาน
P-660	CSL/DAP Pump	1997	8,800	2	17,600	2.20	0.79	32,824	2.8	91,908
S-655	DAP Vent Baghouse	1997	32,200	1	32,200	0.05	1	1,763	1.5	2,644
T-601	Ethanol Product Storage Tank	1997	165,800	2	331,600	1.03	0.51	336,156	1.4	470,618
T-603	Sulfuric Acid Storage Tank	1997	42,500	1	42,500	5.04	0.51	96,963	1.2	116,355
T-604	Firewater Storage Tank	1997	166,100	1	166,100	1.03	0.51	168,394	1.4	235,752
T-609	Propane Storage Tank	2001	24,834	1	24,834	1.07	0.72	26,015	1.4	36,421
T-610	Gasoline Storage Tank	1997	43,500	1	43,500	0.89	0.51	40,899	1.4	57,259
T-620	CSL Storage Tank	1997	88,100	1	88,100	2.20	0.79	164,308	1.4	230,031
T-650	Cellulase Storage Tank	2001	125,900	2	251,800	0.94	0.79	240,487	1.4	336,681
T-655	DAP Storage Bin	2001	33,384	1	33,384	0.19	0.44	16,254	1.3	21,130
T-660	CSL/DAP Day Tank	2001	30,084	1	30,084	3.21	0.79	75,512	1.4	105,717
A600					1,279,148			1,457,224		2,343,697
H-701	Burner Combustion Air Preheater	1997	1,049,900	1	1,049,900	0.27	0.6	479,075	1.5	718,613
H-711	BFW Preheater Fluidized Bed	1997	58,400	1	58,400	0.27	0.68	24,112	2.1	50,635
M-703	Combustion Reactor	1998	24,900,000	1	24,900,000	0.37	0.75	11,768,643	1.3	15,299,235
M-704	Combustion Gas Baghouse	1998	2,536,300	1	2,536,300	0.41	0.58	1,522,151	1.5	2,283,227
M-711	Turbine/Generator	1998	10000000	1	10,000,000	0.45	0.71	5,644,265	1.5	8,466,398
M-720	Hot Process Water Softener System	1999	1,381,300	1	1,381,300	0.51	0.82	797,596	1.3	1,036,875
M-730	Hydrazine Addition Pkg.	1994	19,000	1	19,000	0.56	0.6	13,484	1	13,484
M-732	Ammonia Addition Pkg	1994	19,000	1	19,000	0.56	0.6	13,484	1	13,484
M-734	Phosphate Addition Pkg	1994	19,000	1	19,000	0.56	0.6	13,484	1	13,484
P-704	Condensate Pump	1997	7,100	2	14,200	1.33	0.79	17,765	2.8	49,742
P-711	Turbine Condensate Pump	1997	7,800	2	15,600	0.90	0.79	14,306	2.8	40,058
P-724	Deaerator Feed Pump	1997	9,500	2	19,000	0.39	0.79	9,100	2.8	25,479
P-726	BFW Pump	1998	52,501	5	262,505	0.23	0.79	82,038	2.8	229,706

รหัสเครื่องมือ	ชื่อเครื่องมือและอุปกรณ์	ปีฐาน	ราคาเครื่องมือต่อหน่วย	จำนวน (ชิ้น)	ค่าเครื่องมือรวม ณ ปีฐาน	Size Ratio	Scaling Exponent	ค่าเครื่องมือปรับแก้ ณ ปีฐาน	Installation Factor	ค่าเครื่องมือและค่าติดตั้ง ณ ปีฐาน
P-727	Blowdown Pump	1997	5,100	2	10,200	0.59	0.79	6,701	2.8	18,764
P-730	Hydrazine Transfer Pump	1997	5,500	1	5,500	0.56	0.79	3,502	2.8	9,805
T-704	Condensate Collection Tank	1997	7,100	1	7,100	0.36	0.71	3,415	1.4	4,780
T-724	Condensate Surge Drum	1997	49,600	1	49,600	0.52	0.72	30,973	1.7	52,654
T-726	Deaerator	1998	165,000	1	165,000	0.49	0.72	98,225	2.8	275,029
T-727	Blowdown Flash Drum	1997	9,200	1	9,200	0.59	0.72	6,308	2.8	17,662
T-730	Hydrazine Drum	1997	12,400	1	12,400	0.56	0.93	7,288	1.7	12,389
A700					40,553,205			20,555,915		28,631,504
M-802	Cooling Tower System	1998	1,659,000	1	1,659,000	0.71	0.78	1,269,584	1.2	1,523,501
M-804	Plant Air Compressor	2000	278,200	2	556,400	1.13	0.34	580,587	1.3	754,763
M-810	CIP System	1995	95,000	1	95,000	1.00	0.6	95,000	1.2	114,000
P-802	Cooling Water Pump	1997	332,300	1	332,300	0.68	0.79	245,193	2.8	686,541
P-812	Make-up Water Pump	1997	10,800	1	10,800	0.87	0.79	9,656	2.8	27,037
P-814	Process Water Circulating Pump	1997	11,100	2	22,200	0.72	0.79	17,160	2.8	48,049
S-804	Instrument Air Dryer	1999	15,498	1	15,498	0.69	0.6	12,455	1.3	16,191
T-802	Prehydrolysis Filter Air Receiver	2000	17,000	3	51,000	0.89	0.72	46,942	1.2	56,331
T-804	Plant Air Receiver	1997	13,000	1	13,000	0.69	0.72	10,000	1.3	13,001
T-805	Product Recovery Filter Air Receiver	2000	17,000	4	68,000	1.04	0.72	69,888	1.2	83,866
T-814	Process Water Tank	1997	195,500	1	195,500	0.72	0.51	165,560	1.4	231,784
A800					3,018,698			2,522,026		3,555,063

ตารางที่ ผ.2 ต้นทุนทางการเงินถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก

ข้อมูล	ค่าของข้อมูล	อ้างอิง
ส่วนของเจ้าของ	25%	
เงินกู้ยืม	75%	
ผลตอบแทนผู้ถือหุ้น	18	บริษัทกรณีศึกษา
ดอกเบี้ยเงินกู้	6.25%	MLR ธนาคารกรุงเทพ
ภาษีรายได้	20%	อัตราภาษีเงินได้นิติบุคคล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพิมพ์รัก เสนาจักร์ เกิดเมื่อวันที่ 21 สิงหาคม 2536 สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในปี พ.ศ.2558 หลังจากนั้นได้เข้าทำงานที่ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2559

การเสนอผลงานในการประชุมวิชาการแบบปากเปล่าในการประชุมระดับชาติ

- พิมพ์รัก เสนาจักร์. (2561). การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นของการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย. 14(1),653-660.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University