ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
248063

การประเมินศักยภาพและเทคโนโลยีกระบวนการผลิตเหล็กแหล่งชุมชนในประเทศไทย

นพพร ธีรวุฒิ เสร็จกิจ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
พ.ศ. 2554

b00253160

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
248063

การประเมินศักยภาพและเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากมวลชีวภาพในประเทศไทย

นายณัฐวุฒิ เสร็จกิจ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล)

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการพลังงาน
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2554

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(รศ. ดร. ศุภชาติ จงไพบูลย์พัฒนะ)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รศ. วารุณี เตีย)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ศ. ดร. สมชาติ โสภณรณฤทธิ์)

..... กรรมการ
(รศ. ดร. อดิศักดิ์ นาถกรณกุล)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินศักยภาพและเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากมวลชีวภาพในประเทศไทย
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นายณัฐวุฒิ เสร็จกิจ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. วารุณี เตีย
	ศ. ดร. สมชาติ โสภณรณฤทธิ์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	การจัดการพลังงาน
สายวิชา	เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน
คณะ	พลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
พ.ศ.	2554

บทคัดย่อ

248063

เนื่องจากความต้องการลดการพึ่งพาน้ำมันเชื้อเพลิงของประเทศไทย จึงได้มีการกำหนดเป้าหมายให้ใช้เชื้อเพลิงชีวภาพในแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพและเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากมวลชีวภาพในประเทศไทย ชนิดของเชื้อเพลิงเหลวที่ศึกษา ได้แก่ เอทานอล ไบโอดีเซล และเชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์ การประเมินศักยภาพวัตถุดิบที่ศึกษา ได้แก่ มันสำปะหลัง กากน้ำตาล ชานอ้อย และ ลำต้น ยอด ใบและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สำหรับการผลิตเอทานอล ปาล์มน้ำมัน สำหรับการผลิตไบโอดีเซล และลำต้น ยอด ใบและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สำหรับการผลิตเชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์ โดยใช้ข้อมูลปริมาณการผลิต การบริโภคภายในประเทศ และการส่งออกในระหว่างปี ค.ศ. 2007 – 2009 ได้มีการศึกษาหลายเทคโนโลยีและต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ สำหรับการผลิตเอทานอลได้พิจารณาใช้กระบวนการผลิตดังต่อไปนี้ ก) เทคโนโลยีการหมักสำหรับกากน้ำตาล มันสำปะหลัง และลิกโนเซลลูโลสที่ผ่านการย่อยสลายแล้ว ข) การแปรสภาพเป็นแก๊สของลิกโนเซลลูโลสชานอ้อย และ ลำต้น ยอด ใบและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งได้แอลกอฮอล์สังเคราะห์จากกระบวนการผลิตด้วย การผลิตไบโอดีเซลได้พิจารณากระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่างๆ และการผลิตเชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์จากลำต้น ยอด ใบและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้พิจารณา

248063

เทคโนโลยีการแปรสภาพเป็นแก๊สร่วมกับกระบวนการฟิชเชอร์โทรปช์ และเทคโนโลยีการแยกสลายด้วยความร้อนแบบที่มี และไม่มีการผลิตไฮโดรเจน ศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพได้ประเมินโดยใช้ผลจากการประเมินปริมาณวัตถุดิบสุทธิ (ไม่คิดรวมการบริโภคภายในประเทศและการส่งออก) และได้เลือกใช้เทคโนโลยีที่มีศักยภาพการผลิตสูงและต้นทุนการผลิตต่ำ จากการศึกษา พบว่าศักยภาพการผลิตเอทานอล ไบโอดีเซล และแกโซลีนสังเคราะห์ เท่ากับ 3.82 1.24 และ 0.74 ล้านลิตรต่อวัน ตามลำดับ นอกจากนี้ความต้องการใช้น้ำทั้งหมดสำหรับการเพาะปลูกพืชและกระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลและมันสำปะหลัง เท่ากับ 49.92 และ 136.69 ลิตรน้ำต่อเมกะจูล ตามลำดับ ขณะที่การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มต้องการใช้น้ำทั้งหมด 287.36 ลิตรน้ำต่อเมกะจูล

คำสำคัญ: การประเมินศักยภาพ/เชื้อเพลิงชีวภาพ/เชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์/ไบโอดีเซล/เอทานอล

Thesis Title	Potential and Technology Assessment for Liquid Fuel Production from Biomass in Thailand
Thesis Credits	12
Candidate	Mr. Nattawut Setkit
Thesis Advisors	Assoc. Prof. Warunee Tia Prof. Dr. Somchart Soponronnarit
Program	Master of Engineering
Field of Study	Energy Management
Department	Energy Management Technology
Faculty	School of Energy, Environment and Materials
B.E.	2554

Abstract

248063

According to reduce Thailand's oil dependency, the biofuel consumption had been targeted in 15-Year Renewable Energy Development Plan. Thus, this research aims to evaluate the potential and technology for liquid biofuel production in Thailand namely: ethanol, biodiesel and synthetic liquid fuel. The potential of raw materials, which are molasses, cassava, bagasses and corn stover for ethanol production; oil palm for biodiesel production; and corn stover for synthetic liquid fuel production, were analyzed based on the data of domestic production, consumption and export amounts during 2007-2009. The several conversion technologies and their unit costs for biofuel productions were studied. For ethanol production, the following processes: (a) fermentation of molasses, cassava, and lignocellulosic hydrolysates, and (b) gasification of bagasses and corn stover coupled with alcohol synthesis unit were considered. Crude palm oil esterification with various types of catalysts was selected for biodiesel production. Gasification coupled with Fischer-Tropsch and pyrolysis with and without hydrogen production were chosen for synthetic gasoline production from corn stover. The potential of biofuel production were evaluated using the results of overall evaluated raw materials (excluding domestic consumption and export) and the selected high

248063

productivity technologies with low unit cost. Results found that the potential of ethanol, biodiesel and synthetic gasoline production were 3.82, 1.24 and 0.74 MLD, respectively. In addition, the total water requirement for crop and conversion processes of ethanol production from molasses and cassava were 50 and 137 liter of water/MJ, respectively. While the biodiesel production from oil palm consumed 288 liter of water /MJ.

Key Words: Biodiesel/Biofuel/Ethanol/Potential Assessment/Synthetic Liquid Fuels

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ รศ. วารุณี เตีย และ ศ. ดร. สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำแนวคิดในการวิเคราะห์และช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นตลอดจนช่วยตรวจแก้วิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ รศ. ดร. อดิศักดิ์ นาถกรณกุล และ รศ. ดร. ศุภชาติ จงไพบูลย์พัฒนะ ที่กรุณาเสียสละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์พร้อมทั้งให้คำแนะนำและแนวคิดอันเป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์นี้ ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกท่านที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจ ท้ายสุดนี้ขอขอบคุณ นางสาวสุจิน จรูญศักดิ์ และกรมชลประทาน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
รายการตาราง	ฎ
รายการรูปประกอบ	ธ
รายการสัญลักษณ์	ป
ประมวลศัพท์และคำย่อ	ผ

บทที่

1	**บทนำ**	**1**
1.1	ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2	วัตถุประสงค์	3
1.3	ขอบเขตงานวิจัย	3
1.4	วิธีการดำเนินการวิจัย	4
1.5	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
2	**ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	**5**
2.1	มวลชีวภาพ	5
2.1.1	แหล่งมวลชีวภาพสำหรับผลิตเชื้อเพลิงเหลวในประเทศไทย	5
2.1.1.1	มวลชีวภาพจากการเพาะปลูก	7
2.1.1.2	มวลชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	7
2.1.1.3	มวลชีวภาพจากขยะชุมชน	8
2.1.2	สมบัติเฉพาะของมวลชีวภาพ	9
2.1.2.1	การกระจายตัวของแหล่งมวลชีวภาพ	9
2.1.2.2	ขนาดของมวลชีวภาพ	10
2.1.2.3	ความชื้นของมวลชีวภาพ	10

หน้า

2.1.2.4	สิ่งเจือปนที่มากับมวลชีวภาพ	11
2.1.2.5	ปริมาณขี้เถ้าของมวลชีวภาพ	11
2.1.3	พื้นที่เพาะปลูกและปริมาณมวลชีวภาพของประเทศไทย	11
2.1.3.1	อ้อย	11
2.1.3.2	มันสำปะหลัง	17
2.1.3.3	ข้าวโพด	21
2.1.3.4	ปาล์มน้ำมัน	26
2.2	เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลว	29
2.2.1	เอทานอล	31
2.2.1.1	วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเอทานอล	31
2.2.1.2	เทคโนโลยีการหมัก	32
2.2.1.3	เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน	36
2.2.1.4	กระบวนการกลั่นเอทานอล	37
2.2.1.5	ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตเอทานอล	39
2.2.1.6	การใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง	42
2.2.2	น้ำมันไบโอดีเซล	43
2.2.2.1	วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล	44
2.2.2.2	การสกัด	44
2.2.2.3	กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน	48
2.2.2.4	เทคโนโลยีการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล	54
2.2.2.5	โรงงานผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย	55
2.2.3	น้ำมันเชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์	60
2.2.3.1	วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์	60
2.2.3.2	เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน	61
2.2.3.3	เทคโนโลยี Fischer - Tropsch	72
2.2.3.4	เทคโนโลยีไพโรไลซิส	76
2.3	การใช้น้ำในการเพาะปลูกพืชมวลชีวภาพในประเทศไทย	78

หน้า

2.3.1 ทฤษฎี Water Footprint 78

2.3.2 การใช้น้ำในการเพาะปลูกพืชมวลชีวภาพ 82

2.3.2.1 การใช้น้ำในการเพาะปลูกมันสำปะหลัง 83

2.3.2.2 การใช้น้ำในการเพาะปลูกอ้อย 84

2.3.2.3 การใช้น้ำในการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 84

2.3.2.4 การใช้น้ำในการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน 85

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 86

3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 91

3.1 ศึกษาข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับมวลชีวภาพและเชื้อเพลิงเหลว 91

3.2 ประเมินศักยภาพวัตถุดิบสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากมวลชีวภาพในประเทศไทย 92

3.3 ศึกษาข้อมูลเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากมวลชีวภาพในประเทศไทย 93

3.4 ประเมินศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากมวลชีวภาพในประเทศไทยของเทคโนโลยีประเภทต่างๆ 94

3.5 ประเมินต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงเหลวของเทคโนโลยีประเภทต่างๆ 95

3.6 ประเมินการใช้น้ำในการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากมวลชีวภาพ 95

4 ผลการดำเนินการวิจัย 96

4.1 ผลการประเมินศักยภาพมวลชีวภาพสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงเหลวในประเทศไทย 96

4.1.1 ศักยภาพกากน้ำตาลสำหรับการผลิตเอทานอลในประเทศไทย 96

4.1.2 ศักยภาพมันสำปะหลังสำหรับการผลิตเอทานอลในประเทศไทย 96

4.1.3 ศักยภาพชานอ้อยสำหรับการผลิตเอทานอลและแกโซลีนสังเคราะห์ในประเทศไทย 98

4.1.4 ศักยภาพลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สำหรับการผลิตเอทานอลและแกโซลีนสังเคราะห์ในประเทศไทย 98

4.1.5 ศักยภาพน้ำมันปาล์มดิบสำหรับการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย 99

4.2 เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากมวลชีวภาพในประเทศไทย 100

หน้า

4.2.1	เทคโนโลยีการผลิตเอทานอล	101
4.2.1.1	เทคโนโลยีการหมัก (Fermentation)	101
4.2.1.2	แก๊สซิฟิเคชัน (Gasification)	111
4.2.2	เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซล	117
4.2.2.1	เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรด	118
4.2.2.2	เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส	120
4.2.2.3	เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสร่วมกับปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน	122
4.2.2.4	เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดของแข็ง	125
4.2.2.5	เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ไลเปส	127
4.2.2.6	เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ไลเปสในรูปที่ถูกตรึง	130
4.2.3	เทคโนโลยีการผลิตแก๊สโซลีนสังเคราะห์	132
4.2.3.1	เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน	133
4.2.3.2	เทคโนโลยีไพโรไลซิส	139
4.3	ผลการประเมินศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงเหลวในประเทศไทย	144
4.3.1.	ศักยภาพการผลิตเอทานอลในประเทศไทย	144
4.3.2	ศักยภาพการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย	145
4.3.3	ศักยภาพการผลิตแก๊สโซลีนสังเคราะห์ในประเทศไทย	146
4.4	ราคามวลชีวภาพสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงเหลว	147
4.5	ผลการประเมินต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงเหลวในประเทศไทย	150
4.5.1	ต้นทุนการผลิตเอทานอลในประเทศไทย	150
4.5.2	ต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย	150
4.5.3	ต้นทุนการผลิตแก๊สโซลีนสังเคราะห์ในประเทศไทย	152
4.6	การใช้น้ำในการผลิตเชื้อเพลิงเหลว	154
4.6.1	ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกต่อผลผลิตที่ได้	154
4.6.2	การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกพืชเพื่อการผลิตเชื้อเพลิงเหลว	155
4.6.2.1	การวิเคราะห์การใช้น้ำในการเพาะปลูกต้นอ้อยเพื่อการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยและกากน้ำตาล	155

หน้า

4.6.2.2 การวิเคราะห์การใช้น้ำในการเพาะปลูกมันสำปะหลังเพื่อการผลิตเอทานอล 159

4.6.2.3 การวิเคราะห์การใช้น้ำในการเพาะปลูกต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อการผลิตเอทานอลจากลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 160

4.6.2.4 การวิเคราะห์การใช้น้ำในการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อการผลิตไบโอดีเซล 162

4.6.2.5 การวิเคราะห์การใช้น้ำในการเพาะปลูกต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์จากลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 163

4.6.3 การใช้น้ำในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลว 166

4.6.3.1 การใช้น้ำในการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทย 166

4.6.3.2 การใช้น้ำในการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในประเทศไทย 166

4.6.3.3 การใช้น้ำในการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย 167

4.6.4 สรุปปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงเหลว 168

5 สรุปและข้อเสนอแนะ **169**

5.1 ศักยภาพวัตถุดิบสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงเหลว 169

5.2 ศักยภาพการผลิตเอทานอล 169

5.3 ศักยภาพการผลิตไบโอดีเซล 170

5.4 ศักยภาพการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์ 170

5.5 การใช้น้ำในการผลิตเชื้อเพลิงเหลว 171

5.6 ข้อเสนอแนะ 171

เอกสารอ้างอิง **173**

ภาคผนวก

ก. เงินลงทุนของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลวประเภทต่างๆ 178

ข. ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลวประเภทต่างๆ 195

ประวัติผู้วิจัย **210**

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ชนิดมวลชีวภาพในประเทศไทย	6
2.2	รายละเอียดสัดส่วนต่างๆ ของพืชมวลชีวภาพ	8
2.3	เนื้อที่เพาะปลูก ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของอ้อยปี พ.ศ. 2550 – 2554	14
2.4	ปริมาณยอด ใบ และชานอ้อยในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทยปี พ.ศ. 2552	16
2.5	ปริมาณกากน้ำตาลในประเทศไทยปี พ.ศ. 2550 – 2552	17
2.6	เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของมันสำปะหลังในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2550 – 2554	20
2.7	เนื้อที่เพาะปลูก ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปี พ.ศ. 2550 – 2554	24
2.8	ปริมาณลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2552	25
2.9	เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผล ผลผลิตและผลผลิตต่อไร่ของปาล์มน้ำมันในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2550 – 2554	29
2.10	การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของการสกัดน้ำมันจากมวลชีวภาพโดยวิธีการบีบอัดเชิงกล	47
2.11	กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2550 (ไบโอดีเซลเชิงพาณิชย์)	58
2.12	กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร พ.ศ. 2549 (ไบโอดีเซลชุมชน)	59
2.13	สัดส่วนของแก๊สเชื้อเพลิงที่เกิดจากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันที่ใช้เศษไม้	62
2.14	การใช้น้ำในการเพาะปลูกมันสำปะหลัง	83
2.15	การใช้น้ำในการเพาะปลูกอ้อย	84
2.16	การใช้น้ำในการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	85
2.17	การใช้น้ำในการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน	86
4.1	ศักยภาพกากน้ำตาลสำหรับการผลิตเอทานอลในประเทศไทย	97
4.2	ศักยภาพมันสำปะหลังสำหรับการผลิตเอทานอลในประเทศไทย	97

รายการตาราง

ตาราง (ต่อ) **หน้า**

4.3 ศักยภาพชานอ้อยสำหรับการผลิตเอทานอลและแกโซลีนสังเคราะห์ในประเทศไทย 98

4.4 ศักยภาพลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สำหรับการผลิตเอทานอลและแกโซลีนสังเคราะห์ในประเทศไทย 99

4.5 ศักยภาพปาล์มน้ำมันสำหรับการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย 100

4.6 เงินลงทุนของการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังโดยใช้เทคโนโลยีการหมักในประเทศไทย ที่กำลังการผลิต 150,000 ลิตรต่อวัน 105

4.7 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังโดยใช้เทคโนโลยีการหมักในประเทศไทย ที่กำลังการผลิต 150,000 ลิตรต่อวัน 105

4.8 เงินลงทุนของการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยโดยใช้เทคโนโลยีการหมักที่กำลังการผลิต 366,858 ลิตรต่อวัน 107

4.9 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยโดยใช้เทคโนโลยีการหมัก ที่กำลังการผลิต 366,858 ลิตรต่อวัน 108

4.10 เงินลงทุนของการผลิตเอทานอลจากลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้เทคโนโลยีการหมัก ที่กำลังการผลิต 580,712 ลิตรต่อวัน 110

4.11 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตเอทานอลจากลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้ โดยใช้เทคโนโลยีการหมัก ที่กำลังการผลิต 580,712 ลิตรต่อวัน 111

4.12 เงินลงทุนของการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ที่กำลังการผลิต 275,639 ลิตรต่อวัน 113

4.13 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ที่กำลังการผลิต 275,639 ลิตรต่อวัน 114

4.14 เงินลงทุนของการผลิตเอทานอลจากลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ที่กำลังการผลิต 670,930 ลิตรต่อวัน 115

รายการตาราง

ตาราง (ต่อ) **หน้า**

4.15 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตเอทานอลจากลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่กำลังการผลิต 670,930 ลิตรต่อวัน 116

4.16 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรด ที่กำลังการผลิต 111,558 ลิตรต่อวัน 119

4.17 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรด ที่กำลังการผลิต 111,558 ลิตรต่อวัน 119

4.18 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส ที่กำลังการผลิต 3,096 ลิตรต่อวัน 121

4.19 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส ที่กำลังการผลิต 3,096 ลิตรต่อวัน 122

4.20 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสร่วมกับปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ที่กำลังการผลิต 111,558 ลิตรต่อวัน 124

4.21 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสร่วมกับปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันที่กำลังการผลิต 111,558 ลิตรต่อวัน 124

4.22 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดของแข็ง ที่กำลังการผลิต 111,558 ลิตรต่อวัน 126

4.23 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดของแข็ง ที่กำลังการผลิต 111,558 ลิตรต่อวัน 127

4.24 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ไลเปส ที่กำลังการผลิต 3,096 ลิตรต่อวัน 129

รายการตาราง

ตาราง (ต่อ) **หน้า**

4.25 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบ โดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ไลเปส ที่กำลังการผลิต 3,096 ลิตรต่อวัน 129

4.26 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ไลเปสในรูปที่ถูกตรึง ที่กำลังการผลิต 3,096 ลิตรต่อวัน 131

4.27 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบ โดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ไลเปสในรูปที่ถูกตรึง ที่กำลังการผลิต 3,096 ลิตรต่อวัน 132

4.28 เงินลงทุนของการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันที่ใช้อุณหภูมิสูง ที่กำลังการผลิต 114,247 ลิตรต่อวัน 134

4.29 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันที่ใช้อุณหภูมิสูง ที่กำลังการผลิต 114,247 ลิตรต่อวัน 135

4.30 เงินลงทุนของการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันที่ใช้อุณหภูมิต่ำ ที่กำลังการผลิต 88,493 ลิตรต่อวัน 137

4.31 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันที่ใช้อุณหภูมิต่ำ ที่กำลังการผลิต 88,493 ลิตรต่อวัน 138

4.32 เงินลงทุนของการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีไพโรไลซิสที่มีระบบผลิตไฮโดรเจนในกระบวนการผลิต ที่กำลังการผลิต 367,123 ลิตรต่อวัน 141

4.33 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีไพโรไลซิสที่มีระบบผลิตไฮโดรเจนในกระบวนการผลิต ที่กำลังการผลิต 367,123 ลิตรต่อวัน 141

4.34 เงินลงทุนของการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีไพโรไลซิสที่ไม่มีระบบผลิตไฮโดรเจนในกระบวนการผลิต ที่กำลังการผลิต 602,740 ลิตรต่อวัน 143

รายการตาราง

ตาราง (ต่อ) **หน้า**

4.35 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีไพโรไลซิสที่ไม่มีระบบผลิตไฮโดรเจนในกระบวนการผลิตที่กำลังการผลิต 602,740 ลิตรต่อวัน 143

4.36 ศักยภาพการผลิตเอทานอลในประเทศไทย 145

4.37 ศักยภาพการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย 146

4.38 ศักยภาพการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์จากลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย 147

4.39 ราคามันสำปะหลังสดเฉลี่ยระหว่าง พ.ค. 53 – เม.ย. 54 148

4.40 ราคากากน้ำตาลเฉลี่ยระหว่าง มี.ค. 53 – ก.พ. 54 148

4.41 ราคาชานอ้อยและลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปี พ.ศ. 2550 – 2552 149

4.42 ราคาน้ำมันปาล์มดิบปี พ.ศ. 2550 – 2554 149

4.43 ต้นทุนการผลิตเอทานอลในประเทศไทย 151

4.44 ต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย 152

4.45 ต้นทุนการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์จากลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย 153

4.46 ปริมาณต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ยระหว่าง ปี พ.ศ. 2550 – 2554 154

4.47 สรุปปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกต่อปริมาณผลผลิตที่ได้ 155

4.48 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกต้นอ้อยเมื่อคิดตามร้อยละของผลผลิตที่ได้จากต้นอ้อย 1 ตัน 156

4.49 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกต้นอ้อยเมื่อคิดตามร้อยละของผลผลิตที่ได้จากต้นอ้อย 1 ตัน เมื่อไม่คิดน้ำที่อยู่ในต้นอ้อยเป็นผลผลิต 156

4.50 การวิเคราะห์การใช้น้ำในการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล 157

4.51 การวิเคราะห์การใช้น้ำในการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย 158

4.52 การวิเคราะห์การใช้น้ำในการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง 159

รายการตาราง

ตาราง (ต่อ) **หน้า**

4.53 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เมื่อคิดตามร้อยละของผลผลิตที่ได้จากต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 1 ตัน 160

4.54 การวิเคราะห์การใช้น้ำในการผลิตเอทานอลจากลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 161

4.55 การวิเคราะห์การใช้น้ำในการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน 162

4.56 การวิเคราะห์การใช้น้ำในการเพาะปลูกต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์จากลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ด้วยวิธี Gasification 164

4.57 การวิเคราะห์การใช้น้ำในการเพาะปลูกต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์จากลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ด้วยวิธี Pyrolysis 165

4.58 ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทยที่กำลังผลิต 150,000 ลิตรต่อวัน 166

4.59 การใช้น้ำในกระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในประเทศไทยที่กำลังผลิต 150,000 ลิตรต่อวัน 167

4.60 ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันในประเทศไทยที่กำลังผลิต 10,000 ลิตรต่อวัน 167

4.61 สรุปปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงเหลว 168

ก.1 เงินลงทุนของการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังโดยใช้เทคโนโลยีการหมักในประเทศไทย ที่กำลังการผลิต 150,000 ลิตรต่อวัน 179

ก.2 เงินลงทุนของการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยโดยใช้เทคโนโลยีการหมักที่กำลังการผลิต 366,858 ลิตรต่อวัน 179

ก.3 เงินลงทุนของการผลิตเอทานอลจากลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้เทคโนโลยีการหมัก ที่กำลังการผลิต 580,712 ลิตรต่อวัน 180

ก.4 เงินลงทุนของการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันที่กำลังการผลิต 275,639 ลิตรต่อวัน 180

รายการตาราง

ตาราง (ต่อ) **หน้า**

ก.5 เงินลงทุนของการผลิตเอทานอลจากลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน ที่กำลังการผลิต 670,930 ลิตรต่อวัน 181

ก.6 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรด ที่กำลังการผลิต 111,558 ลิตรต่อวัน 182

ก.7 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสร่วมกับปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ที่กำลังการผลิต 111,558 ลิตรต่อวัน 183

ก.8 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส ที่กำลังการผลิต 3,096 ลิตรต่อวัน 184

ก.9 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดของแข็ง ที่กำลังการผลิต 111,558 ลิตรต่อวัน 186

ก.10 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ไลเปส ที่กำลังการผลิต 3,096 ลิตรต่อวัน 187

ก.11 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ไลเปสในรูปที่ถูกตรึง ที่กำลังการผลิต 3,096 ลิตรต่อวัน 189

ก.12 เงินลงทุนของการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันที่ใช้อุณหภูมิสูง ที่กำลังการผลิต 114,247 ลิตรต่อวัน 192

ก.13 เงินลงทุนของการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันที่ใช้อุณหภูมิต่ำ ที่กำลังการผลิต 88,493 ลิตรต่อวัน 193

ก.14 เงินลงทุนของการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีไพโรไลซิสที่มีระบบผลิตไฮโดรเจนในกระบวนการผลิต ที่กำลังการผลิต 367,123 ลิตรต่อวัน 193

ก.15 เงินลงทุนของการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีไพโรไลซิสที่ไม่มีระบบผลิตไฮโดรเจนในกระบวนการผลิต ที่กำลังการผลิต 602,740 ลิตรต่อวัน 194

รายการตาราง

ตาราง (ต่อ) **หน้า**

ข.1 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังโดยใช้เทคโนโลยีการหมักในประเทศไทย ที่กำลังการผลิต 150,000 ลิตรต่อวัน 196

ข.2 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยโดยใช้เทคโนโลยีการหมัก ที่กำลังการผลิต 366,858 ลิตรต่อวัน 197

ข.3 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตเอทานอลจากลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้เทคโนโลยีการหมัก ที่กำลังการผลิต 580,712 ลิตรต่อวัน 198

ข.4 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน ที่กำลังการผลิต 275,639 ลิตรต่อวัน 199

ข.5 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตเอทานอลจากลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน ที่กำลังการผลิต 670,930 ลิตรต่อวัน 200

ข.6 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรด ที่กำลังการผลิต 111,558 ลิตรต่อวัน 201

ข.7 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสร่วมกับปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ที่กำลังการผลิต 111,558 ลิตรต่อวัน 202

ข.8 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส ที่กำลังการผลิต 3,096 ลิตรต่อวัน 203

ข.9 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดของแข็ง ที่กำลังการผลิต 111,558 ลิตรต่อวัน 204

ข.10 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ไลเปส ที่กำลังการผลิต 3,096 ลิตรต่อวัน 205

ข.11 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ไลเปสในรูปที่ถูกตรึง ที่กำลังการผลิต 3,096 ลิตรต่อวัน 206

รายการตาราง

ตาราง (ต่อ) **หน้า**

ข.12 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันที่ใช้อุณหภูมิสูง ที่กำลังการผลิต 114,247 ลิตรต่อวัน 207

ข.13 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันที่ใช้อุณหภูมิต่ำ ที่กำลังการผลิต 88,493 ลิตรต่อวัน 207

ข.14 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีไพโรไลซิสที่มีระบบผลิตไฮโดรเจนในกระบวนการผลิต ที่กำลังการผลิต 367,123 ลิตรต่อวัน 208

ข.15 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีไพโรไลซิสที่ไม่มีระบบผลิตไฮโดรเจนในกระบวนการผลิต ที่กำลังการผลิต 602,740 ลิตรต่อวัน 209

รายการรูปประกอบ

รูป		หน้า
1.1	ยุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานทดแทน พ.ศ. 2551-2565	2
2.1	ปริมาณผลผลิตอ้อยในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทยปี พ.ศ. 2552	13
2.2	ปริมาณร้อยละของผลผลิตที่ได้จากต้นอ้อย 1 ตัน	14
2.3	ปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทยปี พ.ศ. 2552	19
2.4	ปริมาณผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทยปี พ.ศ. 2552	23
2.5	ปริมาณร้อยละของผลผลิตที่ได้จากต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 1 ตัน	24
2.6	ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันในภูมิภาคต่างๆของประเทศไทยปี พ.ศ. 2552	28
2.7	กระบวนการแปลงสภาพมวลชีวภาพไปเป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ	30
2.8	ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล	33
2.9	ปฏิกิริยาการเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโทส	33
2.10	ปฏิกิริยาการเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสเป็นเอทานอล	35
2.11	หอกลั่นเอทานอล	38
2.12	การสกัดน้ำมันปาล์มดิบ	45
2.13	เครื่องบีบอัดแบบไฮโดรลิค	46
2.14	เครื่องบีบอัดแบบแท่งสกรู	46
2.15	ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน	49
2.16	แผนผังกระบวนการผลิตของเครื่องไบโอดีเซลชุมชน	57
2.17	เตาแบบแก๊สไหลขึ้น	66
2.18	เตาแบบแก๊สไหลลง	67
2.19	เตาแบบแก๊สไหลขวาง	68
2.20	เตาแบบแบบฟองอากาศ	69
2.21	เตาแบบหมุนวน	69
2.22	ไซโคลนดักฝุ่น	70
2.23	สครับเบอร์	71
2.24	เครื่องกรองแก๊สเชื้อเพลิงที่มาจากเตาแก๊สซิไฟเออร์	71

รายการรูปประกอบ

รูป (ต่อ) **หน้า**

2.25	เทคโนโลยีกระบวนการฟิชเชอร์โทรปช์	73
2.26	โรงงานผลิตเชื้อเพลิงสังเคราะห์ บริษัท ซาซอล (Sasol) ประเทศแอฟริกาใต้	74
2.27	โรงงานผลิตเชื้อเพลิงสังเคราะห์ SMDS บริษัท เชลล์ ประเทศมาเลเซีย	75
2.28	โรงงานต้นแบบการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากแก๊สธรรมชาติ ณ เกาะฮอกไกโด ประเทศญี่ปุ่น	75
2.29	แผนผังการคิดน้ำเสมือน (Virtual Water)	80
2.30	ภาพรวมของ Water Footprint ภายใน และภายนอก	81
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	92
3.2	เทคโนโลยีการแปลงสภาพมวลชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงเหลว	94
4.1	การผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลโดยใช้เทคโนโลยีการหมักในประเทศไทย	102
4.2	การผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังโดยใช้เทคโนโลยีการหมักในประเทศไทย	104
4.3	การผลิตเอทานอลจากชานอ้อยโดยใช้เทคโนโลยีการหมัก	107
4.4	การผลิตเอทานอลจากลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้เทคโนโลยีการหมัก	110
4.5	การผลิตเอทานอลจากชานอ้อยโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา	113
4.6	การผลิตเอทานอลจากลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา	115
4.7	การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรด	118
4.8	การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส	121
4.9	การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสร่วมกับปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน	123
4.10	การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดของแข็ง	126
4.11	การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ไลเปส	128

รายการรูปประกอบ

รูป (ต่อ) **หน้า**

4.12 การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ไลเปสในรูปที่ถูกตรึง 131

4.13 การผลิตแกโซลีนสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันที่ใช้อุณหภูมิสูง 134

4.14 การผลิตแกโซลีนสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันที่ใช้อุณหภูมิต่ำ 137

4.15 การผลิตแกโซลีนสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีไพโรไลซิสที่มีระบบผลิตไฮโดรเจน ในกระบวนการผลิต (Pyrolysis with Hydrogen Production in Process) และไม่มีระบบผลิตไฮโดรเจนในกระบวนการผลิต (Pyrolysis without Hydrogen Production in Process) 140

รายการสัญลักษณ์

CaO	=	Calcium Oxide
CH_3COOH	=	Acetic Acid
CH_4	=	Methane
C_2H_6	=	Ethane
C_2H_5OH	=	Ethanol
C_3H_5OH	=	Glycerol
CO	=	Carbon Monoxide
CO_2	=	Carbon Dioxide
H_2	=	Hydrogen Gas
HCl	=	Hydrogen Chloride
H_2O	=	Water
H_3PO_4	=	Phosphoric Acid
H_2SO_4	=	Sulfuric Acid
KNH_2	=	Potassium Amide
$KOCH_3$	=	Potassium Methoxide
MgO	=	Magnesium Oxide
N_2	=	Nitrogen Gas
NaH	=	Sodium Hydride
$NaOCH_3$	=	Sodium Methoxide
O_2	=	Oxygen Gas

ประมวลคำศัพท์และคำย่อ

ATP	=	Adenosine Triphosphate
E10	=	มีส่วนผสมของเอทานอลในน้ำมันเบนซิน ร้อยละ 10
E20	=	มีส่วนผสมของเอทานอลในน้ำมันเบนซิน ร้อยละ 20
E85	=	มีส่วนผสมของเอทานอลในน้ำมันเบนซิน ร้อยละ 85
ETBE	=	Ethyl Tertiary Butyl Ether
FAME	=	Fatty Acid Methyl Esters
KOH	=	Potassium Hydroxide
MTBE	=	Methyl Tertiary Butyl Ether
RDF	=	Refuse Derived Fuel