ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
247186

การประเมินเทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจนจากชีวมวล โดยกระบวนการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์

นกมหอง วิโยค

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
กันยายน 2554

b0025589q
ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
247186

การประเมินเทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจนจากชีวมวล โดยกระบวนการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์

แกมทอง วิโยค

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
กันยายน 2554

การประเมินเทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจนจากชีวมวล
โดยกระบวนการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์

แกมทอง วิโยค

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เดช ดำรงศักดิ์

.....กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัชวาลย์ ชัยชนะ

.....กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล

.....กรรมการ
อาจารย์ ดร. ภาณุ พุทธวงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัชวาลย์ ชัยชนะ

30 กันยายน 2554

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัชวาลย์ ชัยชนะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และตรวจแก้ไขจนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. เดช ดำรงศักดิ์ อาจารย์ ดร. เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล และอาจารย์ ดร.ภาณุ พุทธวงศ์ ที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำเป็นอย่างดีตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ญาติพี่น้อง ตลอดจนเพื่อนๆทุกคน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ด้วยดีเสมอมา

สุดท้ายนี้หากวิทยานิพนธ์เรื่องนี้มีความดีใดๆ ผู้เขียนขอยกความดีให้แก่ผู้มีพระคุณดังที่ได้กล่าวมา แต่หากมีสิ่งขาดตกบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขออภัยเป็นอย่างสูงในข้อบกพร่องและความผิดพลาดนั้น พร้อมน้อมรับคำแนะนำ และผู้เขียนหวังว่าวิทยานิพนธ์นี้คงมีประโยชน์บ้างไม่มากก็น้อยสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนผู้ที่สนใจที่จะศึกษาต่อไป

แกมทอง วิโยค

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การประเมินเทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจนจากชีวมวลโดยกระบวนการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์

ผู้เขียน นางสาวแกมทอง วิโยค

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัชวาลย์ ชัยชนะ

247186

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินเทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ด้วยการใช้เทคนิคการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์มาช่วยในตัดสินใจเพื่อเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับประเทศไทย โดยได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ด้วยเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ส่วนแรก เป็นการประเมินปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้ โดยเทคโนโลยี Gasification ได้ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 82.86 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี เทียบได้กับ 28.17 ล้านลิตรของน้ำมันเบนซิน/ปี เทคโนโลยี Fermentation ผลิตได้เพียง 5.96 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปีได้กับ 2.03 17 ล้านลิตรของน้ำมันเบนซิน/ปี ส่วนที่ 2 การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ การวิเคราะห์ B/C ratio (Benefit and Cost Analysis) ของเทคโนโลยี Fermentation = 2.89 สูงกว่า เทคโนโลยี Gasification = 0.52 และเมื่อนำไปคำนวณประเมินการลงทุนในระยะการทุน 10 ปี จะได้ค่า IRR ของเทคโนโลยี Fermentation = 567.51% มีค่ามากว่าเทคโนโลยี Gasification = 142.77% คิดเป็น 3.97 เท่า ส่วนที่ 3 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ปริมาณการปล่อย Emission GHG รวมของเทคโนโลยี Gasification = 43.384 พันตัน-CO_2/ปี มี Externality Cost = 738.02 ล้านบาท/ปี มากกว่าเทคโนโลยี Fermentation = 16.59 พันตัน-CO_2/ปี มีExternality Cost ที่ได้จากเทคโนโลยี Fermentation = 265.57 ล้านบาท/ปี สอดคล้องกับปริมาณชีวมวลที่นำมาใช้ในการผลิตเป็นเชื้อเพลิง H_2 ของเทคโนโลยี Gasification (86,853,430 ตัน/ปี) ที่มีมากกว่า เทคโนโลยี Fermentation (44,948.84 ตัน/ปี) และ การวิเคราะห์ผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน (Global Worming) ค่า GWP

247186

ในระยะเวลา 20 ปี จะได้ค่า GWP รวมจากเทคโนโลยี Gasification = 2.53 kg-CO_2/kg-Biomass สูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับค่า GWP รวมที่ได้จากเทคโนโลยี Fermentation = 2.48 kg-CO_2/kg-Biomass ดังนั้น เมื่อใช้เทคนิคการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์มาช่วยเลือกเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลสำหรับประเทศไทยจะได้ ค่าน้ำหนักคะแนนรวมของเทคโนโลยี Fermentation 0.535 มากกว่า เทคโนโลยี Gasification ที่มีค่า 0.465 จึงตัดสินใจเลือกเทคโนโลยี Fermentation เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลที่เหมาะสมที่สุดสำหรับประเทศไทย

Thesis Title Evaluation of Hydrogen Production Technology from Biomass Using Analysis Hierarchy Process

Author Miss Kamthong Wiyoke

Degree Master of Engineering (Energy Engineering)

Thesis Advisor Assistant Professor Dr.Chatchawan Chaichana

247186

Abstract

The objective of this research is to study evaluate of hydrogen production technology from biomass using analysis hierarchy process (AHP) in order to obtain the optimal hydrogen production technology from biomass of Thailand. Gasification and Fermentation technology are compared with 3 parts. The first assessment of H_2 yield by Gasification approximates 82.86 Mm^3/Y or 28.17 L-gasoline/Y. H_2 yield by Fermentation approximates 5.96 Mm^3/Y or 2.03 L-gasoline/Y. The second of economic assessment which the B/C ratio result 2.89 of Fermentation is higher than 0.52 of Gasification. Regarding the estimation of IRR approximately shows to 567.51% Fermentation and 142.77% Gasification. The others study shows Gasification and Fermentation in as same as short payback period in the first investment year. The third of environmental impact, Gasification has emission Greenhouse Gas (GHG) 43.38 tTon-CO_2eq/Y and externality cost to 783.02 MTHB/Y which higher than Fermentation has emission GHG 16.59 tTon-CO_2eq/Y and externality cost to 265.57 MTHB/Y. Otherwise the total Global Worming Potential (GWP) value 2.53 kg-CO_2eq/kg-Biomass of Gasification is comparable with 2.48 kg-CO_2eq/kg-Biomass of Fermentation in 20 years assessment. Finally, the result of AHP technique shows the total score 0.535 of Fermentation that is higher than 0.465 of Gasification so Fermentation is the optimal of hydrogen production technology from biomass of Thailand.

สารบาญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		ค
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ฉ
สารบาญ		ช
สารบาญตาราง		ญ
สารบาญภาพ		ฐ
อักษรย่อและสัญลักษณ์		ฒ
บทที่ 1 บทนำ		
1.1	ปัญหาและที่มาของงานวิทยานิพนธ์	1
1.2	วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	5
1.3	ขอบเขตของงานวิจัย	5
1.4	ประโยชน์ที่ได้จากรับจากการวิจัย	6
1.5	สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	6
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี		
2.1	หลักเกณฑ์ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อประเมินเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล (Biomass)	13
2.2	การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	50
2.3	การประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม	51
2.4	Decision Making Process (กระบวนการตัดสินใจ)	54
2.5	กระบวนการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP)	55
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย		
3.1	การศึกษาข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์งานวิจัย	62
	3.1.1 การศึกษาแหล่งชีวมวลของประเทศไทย	62
	3.1.2 การศึกษากระบวนการตัดสินใจ (Decision Making Process)	62

3.2 การใช้เทคนิคกระบวนการตัดสินใจมาใช้ในประเมินเปรียบเทียบเพื่อเลือกเทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลง H_2 จากชีวมวล 66

3.3 การวิจารณ์ข้อมูลและสรุปผล 67

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

4.1 การวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 69

4.2 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ 91

4.3 การวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อม 111

4.4 การจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ (Analysis Heirarchy Process : AHP) 126

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย

5.1 ผลการศึกษาด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้ 144

5.2 ผลการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ 145

5.3 ผลการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม 147

5.4 การจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ (Analysis Heirarchy Process : AHP) 149

5.5 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป 152

เอกสารอ้างอิง 154

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการคำนวณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล 161

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 เทียบเป็นปริมาณน้ำมันเบนซิน L- gasoline 163

ภาคผนวก ข

Gasoline gallon equivalent (GGE) 167

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการคำนวณหาราคาชีวมวลเฉลี่ยของประเทศไทย 170

ภาคผนวก ง

การคำนวณหาค่า VED (Value of Environment Damage) 175

ภาคผนวก จ

การคำนวณหาค่าน้ำหนักคะแนนของแต่ละหลักเกณฑ์ในการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process) 179

ประวัติผู้เขียน 186

สารบาญตาราง

ตาราง		หน้า
1.1	ปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของประเทศ รายละเอียดพื้นที่ปลูก ผลผลิตพืชหลัก ในปี 2549/50 และ 2550/51 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2550/51)	2
1.2	ศักยภาพชีวมวลของประเทศไทยปี 2550/2551 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน	3
2.1	ปฏิกิริยา Gasification	16
2.2	Default Non-CO_2 Emission Factor for Charcoal Production (in kg/TJ)	53
2.3	ค่าของผลกระทบในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ของก๊าซเรือนกระจกเทียบกับ CO_2	54
2.4	ตารางระดับความสำคัญ	57
2.5	ตารางเมตริกซ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์เป็นคู่	58
2.6	ค่า RI จากการสุ่มตัวอย่าง	60
4.1	ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้ของจากชีวมวลแต่ละชนิดตั้งแต่ ปี 2001-2010	71
4.2	การประเมินปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลของประเทศไทย	83
4.3	การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย จำแนกตามประเภท	86
4.4	การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ประเมินค่าใช้จ่ายในการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ตั้งแต่ปี 2004	92
4.5	การเปรียบเทียบมูลค่าการลงทุนเฉลี่ยการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล เปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ เทคโนโลยี Fermentation	95
4.6	อัตราส่วนการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification	98
4.7	อัตราส่วนการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation	99
4.8	ราคาชีวมวลเฉลี่ยของประเทศไทย	101
4.9	มูลค่าการลงทุน Material Costs ของเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation	102

4.10	มูลค่าการลงทุนของ Cost ต่างๆ เมื่อใช้ Material costs เป็นตัวเทียบ ในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ด้วยเทคโนโลยี Gasification	103
4.11	ตารางการประเมินการลงทุนของการผลิตเชื้อเพลิง H2 จากชีวมวลของไทยด้วยเทคโนโลยี Gasification	104
4.12	มูลค่าการลงทุนของ Cost ต่างๆ เมื่อใช้ Material costs เป็นตัวเทียบ ในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ด้วยเทคโนโลยี Fermentation	106
4.13	ตารางการประเมินการลงทุนของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลของไทยด้วยเทคโนโลยี Fermentation	107
4.14	การวิเคราะห์อัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน	110
4.15	แสดงปริมาณปล่อยก๊าซ CO_2 และ Non-CO_2 จากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification	114
4.16	แสดงปริมาณปล่อยก๊าซ CO_2 และ Non-CO_2 จากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation	115
4.17	ตารางการประเมินปริมาณการปล่อยเรือนกระจก CO_2 และ Non-CO_2 จากการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลของประเทศไทย	116
4.18	ตารางค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยของสหรัฐอเมริกาปี 2003	119
4.19	แสดงค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของไทย	120
4.20	การประเมินค่า Externality Cost จากการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลของประเทศไทย เปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยี Gasifiaction และ เทคโนโลยี Fermentation	121
4.21	ค่าของผลกระทบในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ของก๊าซเรือนกระจกเทียบกับ CO_2	123
4.22	ค่า GWP จากของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification เมื่อมีปริมาณชีวมวลที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ได้ 86,853.43 Tones/Y	124
4.23	ค่า GWP จากของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation เมื่อมีปริมาณชีวมวลที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ได้ 44,948.84 Tones/Y	124
4.24	วัตถุประสงค์ หลักเกณฑ์หลัก หลักเกณฑ์รอง และทางเลือก เพื่อใช้ในการลำดับเชิงวิเคราะห์ในการเลือกเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลสำหรับประเทศไทย	128

4.25	แสดงคะแนนระดับความสำคัญในการเปรียบเทียบเกณฑ์ หรือทางเลือกหลักเกณฑ์เป็นคู่	129
4.26	ค่า RI จากการสุ่มตัวอย่าง	129
4.27	การคำนวณหาค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์หลัก (Level 2)	131
4.28	การคำนวณหาค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์รอง ของหลักเกณฑ์หลักการวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2	133
4.29	การคำนวณหาค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์รอง ของหลักเกณฑ์การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์	134
4.30	การคำนวณหาค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์รอง ของหลักเกณฑ์หลักการการวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	135
4.31	ค่าน้ำหนักและอัตราส่วนความสอดคล้อง (CR) ของการให้คะแนนของแต่ละหลักเกณฑ์และทางเลือกของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล	137
5.1	มูลค่าในการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลเปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation	146
5.2	ปริมาณการปล่อย Emission Gas เปรียบเทียบจากการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation	148
5.3	ค่าน้ำหนักและอัตราส่วนความสอดคล้อง (CR) ของการให้คะแนนของแต่ละหลักเกณฑ์และทางเลือกของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล	150

สารบาญภาพ

ภาพ		หน้า
1.1	แสดงศักยภาพชีวมวลของประเทศไทยปี 2550/51 เปรียบเทียบระหว่างผลผลิตทางการเกษตร (ตัน) และ ปริมาณชีวมวลที่ได้ (ตัน)	5
2.1	แผนภาพแสดงเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยชีวมวล	14
2.2	แสดง Moving Bed Gasifier	18
2.3	Updraft gasifier	20
2.4	Downdraft gasifier	20
2.5	Bubbling bed fluidized gasifier	21
2.6	Circulating fluidized bed gasifier	21
2.7	แสดงการ pyrolysis ชีวมวลเพื่อทำการผลิตก๊าซ Hydrogen	25
2.8	แสดงขั้นตอนของ Two-stage process ในการผลิต H_2 และ CH_4	27
2.9	โครงร่างแสดงองค์ประกอบและการทำงานของเอ็นไซม์ไนโตรจีเนส (ก) และปฏิกิริยาต่างๆ ที่ถูกเร่งด้วยเอ็นไซม์นี้ (ข)	37
2.10	การย่อยสลายกลูโคสของแบคทีเรียสังเคราะห์แสง R. sphaeroides ในสภาวะไร้อากาศไร้แสง และสภาวะไร้อากาศมีแสง โดยผ่านวิธี Enter-Doudoroff	41
2.11	การย่อยสลาย fructose ในสภาวะไร้อากาศมีแสงของแบคทีเรียสังเคราะห์แสง R. sphaeroides โดยผ่านวิธี Embden Mayerhof	42
2.12	วัฏจักรglyoxylate นำไปสู่การสังเคราะห์ oxalacetate จาก acetate	44
2.13	กลไกการย่อยสลายสารอินทรีย์ ในสภาวะไร้อากาศไร้แสงทีเกิดขึ้นใน propionic acid bacteria	48
2.14	การผลิตไฮโดรเจนจาก pyruvate	49
2.15	แผนภูมิโครงสร้างลำดับชั้น AHP	56
3.1	แสดงการสืบค้นรายงานและวิทยานิพนธ์เกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล	66
3.2	แผนภาพขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	68

4.1	ผลเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลแต่ละชนิดที่ใช้เป็นวัตถุดิบระหว่างเทคโนโลยีการ Gasification และ Fermentation	78
4.2	ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากวัตถุดิบชีวมวลชนิดต่างๆ ในเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ตั้งแต่ปี 2001-2010	81
4.3	การประเมินปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากวัตถุดิบชีวมวลชนิดต่างๆ ในประเทศไทยระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation	85
4.4	ปริมาณการใช้น้ำมันของประเทศไทยเปรียบเทียบผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากวัตถุดิบชีวมวลระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation เทียบในหน่วยของ Liter น้ำมันเบนซิน (gasoline) ตั้งแต่ปี 2006-2010	90
4.5	การเปรียบเทียบมูลค่าการลงทุนเฉลี่ยการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลเปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ เทคโนโลยี Fermentation	96
4.6	อัตราส่วนการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification	98
4.7	อัตราส่วนการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation	99
4.8	การประเมินปริมาณการปล่อย Emission Gas จากการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลของประเทศไทย	116
4.9	GWP Value ต่อภาวะโลกร้อนจากผลิตเชื้อเพลิง H2 จากชีววมวลระยะเวลา 20 ปี ในหน่วย kg-CO_2/kg Biomass	126
4.10	แสดงค่าน้ำหนักของแต่ละหลักเกณฑ์และทางเลือกของการผลิตเชื้อเพลิง H2 จากชีวมวล	138
4.11	ค่าน้ำหนักคะแนนรวมของหลักเกณฑ์หลัก (Level 2) ของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation	142
4.12	ค่าน้ำหนักคะแนนรวมของหลักเกณฑ์รอง (Level 3) ของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation	143

อักษรย่อและสัญลักษณ์

อักษรย่อ	ความหมาย
Mm^3/Y	ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี (Million cubic meter per year)
ML-Gasoline/Y	ล้านลิตรของน้ำมันเบนซิน/ปี (Million litre-Gasoline per year)
IRR	อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate return)
GHG	ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas)
tTones-CO_2eq/Y	พันตัน- CO_2/ปี (Thousand tones- Carbon dioxide equivalent per year)
MTHB/Y	ล้านบาท/ปี (Million Baht per year)
GWP	ผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน (Global Worming Potential)
GJ	Giga Jule = 10^9 Jule
NIST	National Institute of Standards and Technology (U.S.A)
GGE	Gasoline gallon equivalent
EIA	U.S. Energy Information Administration
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
UNFCC	The United Nations Framework Convention on Climate Change
VED	Value of Environment Damage
WTP	การจ่ายค่าความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม (Willingness to Pay)
PERCAP-GDP (PPP)	มูลค่าผลผลิตมวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product Per Capita at Purchasing Power Parities)
AHP	การจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ (Analysis Heirarchy Process)
CR	ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Index)
CI	ดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index)
RI	ค่าที่ได้มาจากการทดลองโดยการสุ่มตัวอย่างจากตารางเมตริกซ์จำนวน 64,000 ตัวอย่างอ้างอิงจากการสุ่มตัวอย่าง (Random Consistency Index) (วิฑูรย์ ตันศิริคงคล, 2542 อ้างถึง Saaty, 1980)