Engng.J.CMU.(2012) 19 (2), 56-65

วารสารวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Engineering Journal
Chiang Mai University

การคัดเลือกเทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจนจากชีวมวล โดยกระบวนการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์

Hydrogen Production from Biomass Technology Selection Using Analysis Hierarchy Process

แกมทอง วิโยค และ ชัชวาลย์ ชัยชนะ

Kamthong Wiyoke and Chatchawan Chaichana

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,
Chiang Mai University, 50200, Thailand
kingentaneer.w@hotmail.com, 08-69126818

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบเทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ด้วยการใช้เทคนิคการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์มาช่วยในตัดสินใจเพื่อเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับประเทศไทย โดยได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ส่วนแรกเป็นการประเมินปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้ โดยเทคโนโลยี Gasification ได้ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 82.86Mm^3/Y มากกว่าเทคโนโลยี Fermentation ที่ผลิตได้เพียง 5.96 Mm^3/Y ส่วนที่ 2 การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ การวิเคราะห์ B/C ratio (Benefit and Cost Analysis) ของเทคโนโลยี Fermentation=2.89 สูงกว่าเทคโนโลยี Gasification=0.52 และเมื่อนำไปคำนวณประเมินการลงทุนในระยะการทุน 10 ปี จะได้ค่า IRR ของเทคโนโลยี Fermentation=567.51% มีค่ามากกว่าเทคโนโลยี Gasification=142.77% คิดเป็น 3.97 เท่า ส่วนที่ 3 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมปริมาณการปล่อยEmission GHG รวมของเทคโนโลยี Gasification=43.38tTones-CO_2eq/Y (พันตัน- CO_2/ปี) มี Externality Cost=738.02MTHB/Y (ล้านบาท/ปี) มากกว่าเทคโนโลยี Fermentation=16.59 tTones-CO_2eq/Y มี Externality Cost=265.57 MTHB และการวิเคราะห์ผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน (Global Worming) ค่า GWP 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 จากชีวมวลสำหรับประเทศไทย จะได้ค่าน้ำหนักคะแนนรวมของเทคโนโลยี Fermentation 0.535 มากกว่าเทคโนโลยี Gasification ที่มีค่า 0.465 จึงตัดสินใจเลือกเทคโนโลยี Fermentation เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลที่เหมาะสมที่สุดสำหรับประเทศไทย

ABSTRACT

The objective of this research is to study hydrogen production technologies that use biomass in Thailand as raw material. Gasification and fermentation technologies are selected and compared. Three criteria were used in this study. The first criteria was the H_2 yield. Based on selected biomass, it was found that gasification could produce approximately 82.86 Mm^3/Y and fermentation could produce approximately 5.96 Mm^3/Y. The second criteria was economics of each technology. It turns out that B/C ratio of fermentation was 2.89 that of gasification was only 0.52. In addition, IRR of both technologies were approximately 567.51% and 142.77% respectively. Price of H_2 was assumed to be the same as that gasoline at the equivalent heating value. It was also found that the payback periods that of both technologies were less than one year. The third criteria was environmental impact. Gasification might emit GreenHouse Gas (GHG) about 43.38 tTones-CO_2eq/Y and externality costs to 738.02 MTHB/Y. On the other hand, fermentation may emit GHG 16.59 tTones-CO_2eq/Y and externality costs to 265.57 MTHB/Y. In 20 years, the total Global Worming Potential (GWP) value of gasification was 2.53 kg-CO_2eq/kg-Biomass, compared 2.48 kg-CO_2eq/kg-Biomass for fermentation. Finally, the result of AHP technique showed the total score of 0.535 for fermentation that was higher than 0.465 for gasification so fermentation was the must suitable for hydrogen production technology from biomass of Thailand.

1. บทนำ

เนื่องจากความต้องการใช้พลังงานในปัจจุบันมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นทั้งต่างประเทศและในประเทศไทยเอง โดยมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย เช่น ความเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ ความต้องการสาธารณูปโภคในการดำเนินชีวิต รวมถึงการเพิ่มจำนวนประชากร ก็มีผลทำให้มีความต้องการการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่พลังงานที่นำมาใช้ในปัจจุบัน เป็นพลังงานที่ได้มาจากแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติมีปริมาณลดลงเรื่อยๆ และนอกจากนี้แหล่งพลังงานดังกล่าวยังก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมและมีผลกระทบปัญหาภาวะโลกร้อนขึ้นที่กำลังเป็นที่วิตกต่อนานาประเทศ ดังนั้นทางออกของปัญหาในเรื่องของพลังงาน ทางออกหนึ่งคือการหาแหล่งพลังงานใหม่ โดยเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนและก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ซึ่งแหล่งพลังงานที่น่าสนใจนั้นคือ พลังงานเชื้อเพลิงไฮโดรเจนจากชีวมวล

ประเทศไทยนับเป็นประเทศเกษตรกรรมที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก จากการสำรวจของกรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ข้อมูลการเกษตรทั้งประเทศ พ.ศ. 2546 [1] ประชาชนมากกว่าร้อยละ 50 (34 ล้านคน) คิดเป็นร้อยละ 55.7 ของประชากรทั้งประเทศ ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ผลพลอยได้ที่สำคัญนอกเหนือจากผลผลิตการเกษตรก็คือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว แกลบ กากอ้อย กาก ใย และทะลายปาล์ม เป็นต้น จึงทำให้ประเทศไทยมีชีวมวลที่ได้จากการเกษตรกรรมมาใช้ในการเป็นแหล่งพลังงานในการแปรรูปเป็นพลังงานใช้ในประเทศได้

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล โดยพิจารณาเปรียบเทียบเทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation [1-23] ด้วยกัน 3 ด้าน คือ ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้ ด้านเศรษฐศาสตร์การลงทุนในการผลิต และด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล นำผลการศึกษานั้นมาประเมินด้วยการใช้เทคนิคการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP) เพื่อตัดสินใจในการเลือกเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลที่เหมาะสมกับประเทศไทย

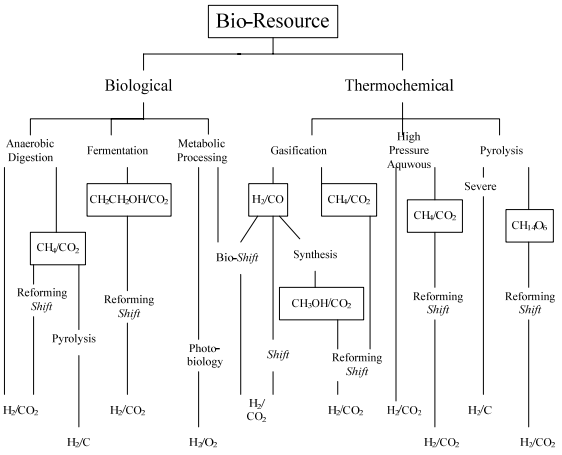
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล

จากรายงาน Prospects for Hydrogen from Biomass ของ IEA Hydrogen Implementing Agreement ใน Annex 16 subtask B Final Report, June 2006 [2-25] ได้มีกล่าวถึง กระบวนการในการเปลี่ยนชีวมวลให้เป็นเชื้อเพลิง H_2 โดยแบ่งเทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิง H_2หลักได้ 2 เทคโนโลยี คือ

1. Thermo-chemical H_2 production process (เทคโนโลยีทางด้านเคมีความร้อน) ได้แก่ Pyrolysis, Gasification, High pressure (supercritical) aqueous conversion
2. Biological H_2 production process (เทคโนโลยีทางด้านชีววิทยา) ได้แก่ Anaerobic digestion, Fermentation, Photobiological

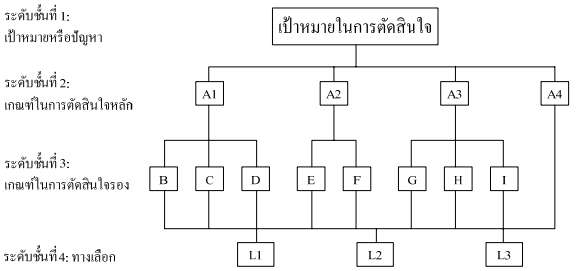
โดยมีแผนภาพแสดงการแบ่งเทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยชีวมวล จาก Milne et al., 2002 Boxes indicate storable intermediates.

2.2 กระบวนการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP)

การจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ เป็นเทคนิคหนึ่งที่มีประสิทธิภาพและนำมาใช้ช่วยในการตัดสินใจหาเลือกทางที่มีความซับซ้อนและยุ่งยาก และเป็นเทคนิคกระบวนการตัดสินใจที่มีความชัดเจน ตั้งแต่วัตถุประสงค์ หลักเกณฑ์ หลักหลักเกณฑ์รองตลอดจนทางเลือกที่มีอยู่ค่าถ่วงน้ำหนักคำนวณจากผลรวมของหลักเกณฑ์ของเมตริกซ์ที่สร้างขึ้นจากการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์ทีละคู่ก่อนที่จะนำไปคำนวณค่าคะแนนความเหมาะสมของแต่ละทางเลือกต่อไป เพื่อให้ได้ทางเลือกที่มีเหมาะสมที่สุดตามความต้องการหรือวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้โดยมีแผนภูมิโครงสร้างเป็นลำดับขั้น (Hierarchy Structure) ดังรูปที่ 2 การคำนวณหาค่าน้ำหนักคะแนนของแต่ละหลักเกณฑ์หรือทางเลือกคิดได้จากสมการที่ (1)



รูปที่ 2 แผนภูมิโครงสร้างเป็นลำดับขั้น (Hierarchy structure) ของกระบวนการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์

$$W_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^{n} V_i} \qquad (1)$$

และ $\sum W_i = 1.0$

เมื่อ $W_i =$ น้ำหนักคะแนนของแต่ละหลักเกณฑ์

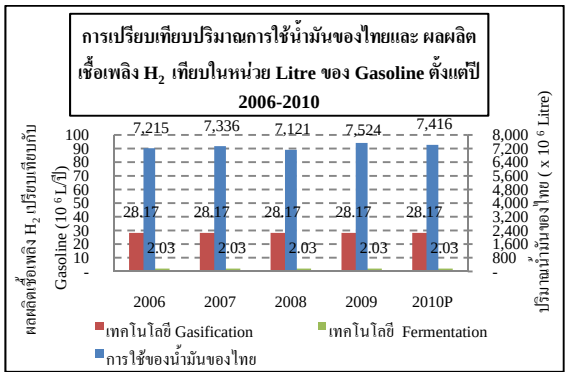
$V_i =$ ค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิต

$n =$ จำนวนตัวเลขที่นำมาหาค่าเฉลี่ย

3. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลระหว่างเทคโนโลยี Gasification และเทคโนโลยี Fermentation

3.1 ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลที่ได้ จากการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลที่ได้แล้วนำมาประเมินถึงแนวโน้มปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลของประเทศไทยเปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation โดยการรวบรวมข้อมูลของชีวมวลออกมาได้เป็นรายปี พบว่า

ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยเทคโนโลยี Gasification มีค่าเท่ากับ 82.86 Mm^3/Y เทียบได้กับ 28.17 ML-gasoline ในขณะที่เทคโนโลยี Fermentation ผลิตได้เพียง 5.96 Mm^3/Y เทียบได้กับ 2.03 ML-gasoline โดยแสดงการเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำมันของประเทศไทยและผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากวัตถุดิบชีวมวลระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การใช้น้ำมันของประเทศไทยเปรียบเทียบผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากวัตถุดิบชีวมวลระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation

3.2 ด้านเศรษฐศาสตร์การลงทุนในการผลิตเชื้อเพลิงH_2 จากชีวมวล

3.2.1 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return)

การประเมินความคุ้มค่าจากอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate Return : IRR) ในการหามูลค่าการลงทุนในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลสำหรับประเทศไทย จากการกำหนดราคาขายเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลเท่ากับ 938.60 THB/GJ และในการหามูลค่าในการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 ได้มีการใช้ Material costs ในการเทียบเพื่อหามูลค่าการลงทุนของ costs อื่นๆ เนื่องจาก Material costs ได้มีข้อมูลของราคาชีวมวลเฉลี่ยสำหรับประเทศไทยอ้างอิงจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน [26] จึงได้มูลค่าในการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลเปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มูลค่าในการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลเปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยี Gasificationและ Fermentation

	เทคโนโลยี Gasification ($\times 10^6$ THB/Y)	**เทคโนโลยี Fermentation** ($\times 10^6$ THB/Y)
รายได้	823.47	307.82
มูลค่าการลงทุน	455.20	44.73
กำไรสุทธิ	368.27	263.09
B/C Ratio	0.52	2.89
IRR	142.77%	567.51%

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่า รายได้จากการขายเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification มีค่า 823.47 ล้านบาท/ปี สูงกว่ารายได้จากเทคโนโลยี Fermentation 307.82 ล้านบาท/ปีตามปริมาณของเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลที่ผลิตได้จากเทคโนโลยี Gasification ที่ได้มากกว่าเทคโนโลยี Fermentation และมูลค่าการลงทุนของเทคโนโลยี Gasification มีค่า 455.20 ล้านบาท/ปีซึ่งก็สูงกว่าเทคโนโลยี 455.20 ล้านบาท/ปี ซึ่งก็สูงกว่าเทคโนโลยี Fermentation มีค่า 44.73 ล้านบาท/ปี เนื่องจากการนำเอา Material costs มาใช้ในการเทียบหามูลค่าการลงทุนของ Cost อื่นๆ ซึ่งชีวมวลที่นำมาใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยเทคโนโลยี Fermentation ในประเทศไทยจะมีค่าราคาเฉลี่ยของชีวมวลที่ค่อนข้างต่ำกว่าเทคโนโลยี Gasification เช่น อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง จึงทำให้ราคาของ Material cost และ Costs อื่นๆ ในเทคโนโลยี Fermentation มีค่าต่ำกว่าเทคโนโลยี Gasification ที่จะใช้ แกลบ ฟางข้าว เศษไม้ที่จะมีราคา Material สูงกว่าเมื่อคิดมูลค่าการลงทุนตลอดระยะเวลาของโครงการจึงทำให้มูลค่าการลงทุนในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation มีค่าต่ำกว่า

เทคโนโลยี Gasification และในรายงานการวิจัยนี้ได้มีการกำหนดราคาขายเชื้อเพลิง H_2 โดยอ้างอิงราคาของน้ำมันเบนซิน เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้มีการตั้งสมมติฐานให้มีการนำเอาพลังงานเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้จากชีวมวล นำไปใช้ทดแทนน้ำมันเบนซินในภาคการขนส่ง ซึ่งเมื่อทำการประเมินราคาขายต่อปริมาณเชื้อเพลิง H_2 จะได้ราคาขายเชื้อเพลิง H_2 มีค่าเท่ากับ 938.60 บาท/GJ จึงทำให้มีรายได้จากการขายเชื้อเพลิง H_2 ที่สูง ทำให้กำไรสุทธิที่ได้จากผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification=368.22 ล้านบาท/ปีสูงกว่าเทคโนโลยี Fermentation=263.09 ล้านบาท/ปีแต่เมื่อนำมาวิเคราะห์อัตราส่วนของผลได้ต่อต้นทุน B/C ratio (Benefit and Cost Analysis) จะเห็นว่า B/C ratio ของเทคโนโลยี Fermentation=2.89 สูงกว่าเทคโนโลยี Gasification=0.52 และเมื่อนำไปคำนวณประเมินการลงทุนในระยะการทุน 10 ปี จึงทำให้ค่า IRR ของเทคโนโลยี Fermentation=567.51% มีค่ามากกว่าเทคโนโลยี Gasification=142.77% คิดเป็น 3.97 เท่า

3.2.2 ระยะเวลาคืนทุน (Payback period)

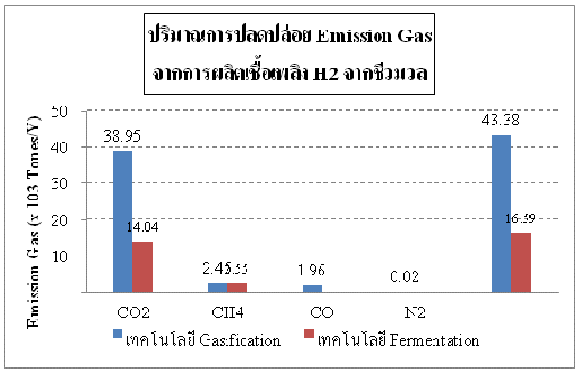
การประเมินความคุ้มค่าจากระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) จากการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วยอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ในระยะเวลาการลงทุน 10 ปี จะได้ผลตอบแทนการลงทุนในปีแรกของ เทคโนโลยี Gasification มีรายได้สุทธิเท่ากับ 368.27 ล้านบาท/ปี และเทคโนโลยี Fermentation มีรายได้สุทธิเท่ากับ 263.09 ล้านบาท/ปี โดยได้ค่าที่เป็นบวกแสดงให้เห็นว่าการลงทุนได้ผลกำไรในปีแรก จึงมีระยะเวลาในการคืนทุนได้ในปีแรกของการลงทุน แต่การลงทุนด้วยเทคโนโลยี Fermentation จะให้ค่าอัตราส่วนของผลได้ต่อต้นทุน B/C ratioIRR มากกว่าเทคโนโลยี Gasification ดังนั้นจะเห็นว่า การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลของประเทศไทย เทคโนโลยี Fermentation มีความเหมาะสมมากกว่าเทคโนโลยี Gasification เพราะมีการลงทุนที่น้อยกว่า แต่ให้ผลตอบแทนการลงทุนที่มากกว่า

3.3 ด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล

3.3.1 การประเมินจากปริมาณปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission GHG) การประเมินจากปริมาณปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission GHG) จากการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ด้วยเทคโนโลยี Gasification จะมีการปล่อย Emission Gas ได้แก่ CO_2=38.95 พันตัน-CO_2/ปี, CH_4=2.45 พันตัน/ปี, CO=1.96 พันตัน/ปี, N_2=0.02 พันตัน/ปี มีค่า Emission Gas ที่ได้จากการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification=43.38 พันตัน-CO_2/ปี ซึ่งมีค่ามากกว่า Emission Gas ที่ได้จากการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ด้วยเทคโนโลยี Fermentation ได้แก่ CO_2=14.04 พันตัน/ปี และ CH_4=2.55 พันตัน/ปีโดยปริมาณการปล่อยEmission Gas รวม=16.59 พันตัน-CO_2/ปีซึ่งสอดคล้องกับปริมาณชีวมวลที่นำมาใช้ในการผลิตเป็นเชื้อเพลิง H_2 ของเทคโนโลยี Gasification (86,853,430 Tones/Y) ที่มีมากกว่าเทคโนโลยี Fermentation (44,948.84 Tones/Y) แสดงได้ดังรูปที่ 4 และเมื่อคิดเป็นมูลค่าความเสียหายของผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม Externality Cost ของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification มีค่าเท่ากับ 783.02 ล้านบาท/ปี และมีค่ามากกว่า ค่า Externality Cost ที่ได้จากเทคโนโลยี Fermentation มีค่าเท่ากับ 265.57ล้านบาท/ปี

3.3.2 การวิเคราะห์ผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน (Global Worming) การวิเคราะห์ผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน (Global Worming) ค่า GWP ในระยะเวลา 20 ปี เมื่อคิดในหน่วยของผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนเทียบกับปริมาณชีวมวล 1 kg (kg-CO_2/kg-Biomass) ค่า GWP ที่ได้จากก๊าซ CO_2 จากการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification มีค่าเท่ากับ 0.46 kg-CO_2/kg-Biomass สูงกว่าเทคโนโลยี Fermentation 0.18 kg-CO_2/kg-Biomass คิดเป็น 2.6 เท่า ในขณะที่ค่า GWP ที่ได้จากก๊าซ CH_4 จากการผลิตเชื้อเพลิง H_2จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation มีค่าเท่ากับ 2.30 kg-

CO_2/kg-Biomass สูงกว่าเทคโนโลยี Fermentation 2.07 kg-CO_2/kg-Biomass คิดเป็น 1.1 และเมื่อรวมค่า GWP ที่ได้จากก๊าซ CO_2 และ CH_4จะได้ค่า GWP รวมของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification จะมีค่าเท่ากับ 2.53 kg-CO_2/kg-Biomass ซึ่งสูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับค่า GWP รวมที่ได้จากเทคโนโลยี Fermentation ที่มีค่าเท่ากับ 2.48 kg-CO_2/kg-Biomass

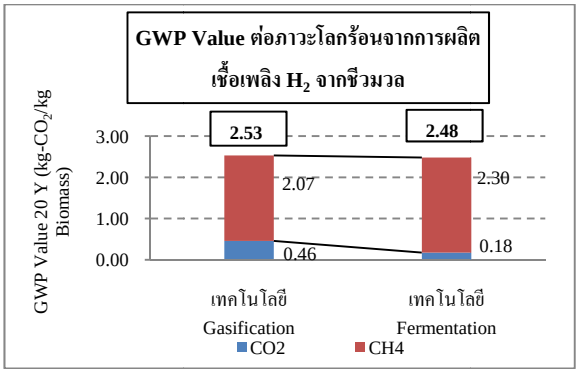


รูปที่ 4 การประเมินปริมาณการปล่อย Emission Gas จากการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลของประเทศไทย

และเมื่อคิดค่า GWP Value รวมของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลในหน่วย GWP kg-CO_2 ที่ตามปริมาณชีวมวลที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ได้ในหน่วยของ Tones/Y จะได้ว่า ค่า GWP รวมจากการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification มีค่าเท่ากับ 219.84 Tones/Y สูงกว่า GWP รวมที่ได้จากเทคโนโลยี Fermentation ที่มีค่าเท่ากับ 111.47 Tones/Y ตามศักยภาพของปริมาณชีวมวลที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากเทคโนโลยี Gasification ที่มีมากกว่าเทคโนโลยี Fermentation ดังแสดงในรูปที่ 5

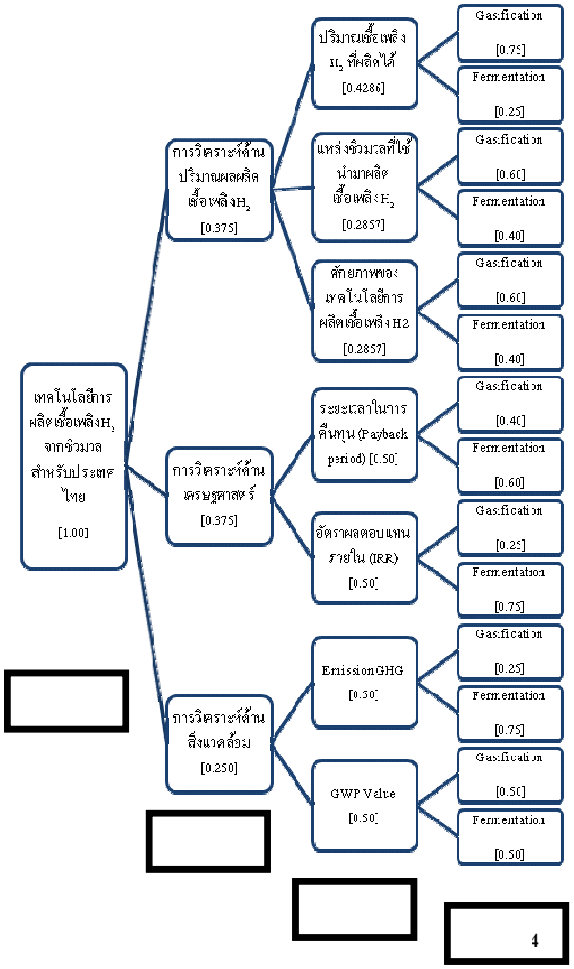
4. ผลประเมินการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์เปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลสำหรับประเทศไทย

ในการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์สำหรับการประเมินเทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ระหว่างเทคโนโลยี Gasification และเทคโนโลยี Fermentation ได้มีการกำหนดวัตถุประสงค์ หลักเกณฑ์หลัก หลักเกณฑ์รอง และทางเลือก เพื่อใช้ในการลำดับเชิงวิเคราะห์ในการเลือกเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลสำหรับประเทศไทย สามารถคำนวณหาค่าคะแนนน้ำหนักของแต่หลักเกณฑ์จะได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 5 GWP Value ต่อภาวะโลกร้อนจากผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลระยะเวลา 20 ปีในหน่วย kg-CO_2/kgBiomass

4.1 การประเมินด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิงH_2 ได้มาจากค่าน้ำหนักของในหลักเกณฑ์รองของ ปริมาณเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้ของเทคโนโลยี Gasification≈0.121 มากกว่าเทคโนโลยี Fermentation≈0.040 และค่าน้ำหนักของแหล่งชีวมวลที่ใช้นำมาผลิตเชื้อเพลิง H_2 ของเทคโนโลยี Gasification≈0.064 มากกว่าเทคโนโลยี Fermentation≈0.043 ส่งผลให้ค่าน้ำหนักของศักยภาพของเทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ของเทคโนโลยี Gasification≈0.064 มากกว่าเทคโนโลยี Fermentation≈0.043 ตามไปด้วย เนื่องจากปริมาณ ชีวมวลที่สามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง H_2 สำหรับประเทศไทย ส่วนใหญ่จะมีความเหมาะสมกับเทคโนโลยี Gasification มากกว่าเทคโนโลยี Fermentation จึงทำให้ค่าน้ำหนักคะแนนรวมของหลักเกณฑ์หลักในด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้ของเทคโนโลยี Gasification≈0.249 มีค่ามากกว่าเทคโนโลยี Fermentation≈0.126



รูปที่ 6 แสดงค่าน้ำหนักของแต่ละหลักเกณฑ์และทางเลือกของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล

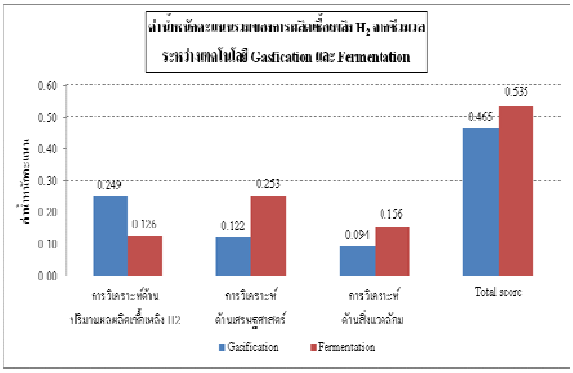
4.2 การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ จากที่ได้มีการประเมินมูลค่าการลงทุนการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลสำหรับประเทศไทย จะได้เทคโนโลยี Fermentation จะให้ค่าน้ำหนักคะแนนรวมระยะเวลาในการคืนทุน≈0.113 มากกว่าเทคโนโลยี Gasification≈0.075 และอัตราผลตอบแทนภายในของเทคโนโลยี Fermentation อัตราผลตอบแทนภายใน≈0.141 มากกว่าเทคโนโลยี Gasification ที่มีค่ามากกว่าเทคโนโลยี Gasification≈0.047 ดังนั้น ค่าน้ำหนักคะแนนรวมของหลักเกณฑ์หลักการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ที่ได้ของเทคโนโลยี Fermentation≈0.253 มากกว่าเทคโนโลยี Gasification≈0.122

4.3 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล

4.3.1 การประเมินจากปริมาณปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission GHG) ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณการปล่อย Emission GHG ของเทคโนโลยี Fermentation น้อยกว่าเทคโนโลยี Gasification จึงทำให้มีค่าน้ำหนักคะแนนที่มากกว่าเทคโนโลยี Gasification เนื่องจากมีการทำลายสิ่งแวดล้อมที่น้อยกว่า ค่าน้ำหนักของเทคโนโลยี Fermentation สำหรับการปล่อย Emission GHG≈0.094 สูงกว่าเทคโนโลยี Gasification≈0.031

4.3.2 การประเมินผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน (Global Worming) ค่าน้ำหนักของ GWP Value จากทั้ง 2 เทคโนโลยี จะมีค่าประมาณเท่ากัน คือ 0.063 ทั้งนี้เนื่องจากการคิดผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนในหน่วยของ kg-CO_2/kg Biomass มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย (GWP Value รวมของเทคโนโลยี Gasification=2.53 kg-CO_2/kg-Biomass และเทคโนโลยี Fermentation =2.48 kg-CO_2/kg-Biomass) จึงทำให้มีค่าน้ำหนักของผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมในหลักเกณฑ์นี้เท่ากัน

สำหรับ ค่าน้ำหนักคะแนนรวมของหลักเกณฑ์หลักการวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อมที่ได้ของเทคโนโลยี Fermentation≈0.156 มากกว่าเทคโนโลยี Gasification≈0.094 และเมื่อคิดค่าน้ำรวมทั้งหมดของแต่ละเทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลจะได้ค่าน้ำหนักคะแนนรวมของเทคโนโลยีFermentation=0.535 มากกว่า เทคโนโลยี Gasification=0.458 แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ค่าน้ำหนักคะแนนรวมของการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation

5. บทสรุปการวิจัย

การประเมินเทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยการใช้เทคนิคการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์มาช่วยในตัดสินใจเพื่อเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับประเทศไทย จึงเลือกเทคโนโลยี Fermentation ตามค่าน้ำหนักคะแนนรวมของทั้งหลักเกณฑ์หลักและหลักเกณฑ์รองที่มีเท่ากับ 0.535 สูงกว่าที่ได้จากเทคโนโลยี Gasification ที่มีค่า 0.465 เนื่องจากผลการประเมินเปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลทั้ง 3 ด้าน จะได้ว่า การผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation มีผลการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์การลงทุน เมื่อคิดอัตราส่วน B/C และค่า IRR จากการลงทุนที่สูงกว่า เทคโนโลยี Gasification และการประเมินทางด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation จะมีการปล่อย Emission Gas และเสียค่าใช้จ่ายต่อผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่น้อยกว่าเทคโนโลยี Gasification จึงทำให้มีค่าน้ำหนักคะแนนทั้ง 2 ด้าน สูงกว่าเทคโนโลยี Gasification แม้ว่าการประเมินในด้านการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification จะสามารถให้ปริมาณของเชื้อเพลิง H_2 ที่ผลิตได้มากกว่าเทคโนโลยี Fermentation โดยเมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคนิคการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์แล้ว ค่าน้ำหนักคะแนนรวมที่ได้จากเทคโนโลยี Fermentation มีค่าคะแนนรวมที่สูงกว่าเทคโนโลยี Gasification ดังนั้นการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation จึงเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับประเทศไทยที่สุด

เอกสารอ้างอิง

[1] Milne et al., 2002 Boxes indicate storable intermediates. Prospects for Hydrogen from Biomass. IEA Hydrogen Implementing Agreement, Annex 16 subtask B Final Report, June 2006.

[2] Tim Eggeman., (2004) “Boundary analysis for H2 production by fermentation”, Neoterics International. March 12, 2004.

[3] Srivastava R., (2009) “Improved Hydrogen Yield From Florida Specific Biomass Gasification Using a Pilot Scale Gasification Unit. Florida International University”, July 2002 to September 2007. (In press)

[4] SusanjibSarkar., Amit Kumar., (2009) “Biohydrogen production from forest and agricultural residues for upgrading of bitumen from oil sands”, Department of Mechanical Engineering, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada T6G 2G8, 2009.

[5] Yong-Woo Lee., Jinwook Chung., (2010) “Bioproduction of hydrogen from food waste by pilot-scale combined hydrogen/methane fermentation”, International journal of hydrogen energy; 35: 11746 – 11755 [ระบบออนไลน์].

[6] แหล่งที่มา http://www.dynamotive.com/assets/articles/2007/Task_34_Booklet.pdf (19 June 2010).

[7] Yokoi H, Saitsu A, Uchida H., Hirose J, Hayashi S,and Takasaki Y., (2000) “Microbial hydrogen production from sweet potato starch residue”, J. Bioscience and Bioengineering,Vol.91,No.1, 58-63. 2001.

[8] Francis S. Lau, David A. Bowen. , Remon D., Shain D., Evan E. Hughes, Robert R., Rachid S., Scott Q. Turn. , Robert Z. (2002) “Techno-Economic Analysis of Hydrogen Production by Gasification of Biomass”, Final Technical Report for the Period September 15, 2001 to September 14, 2002.

[9] Pengmei Lv., Chuangzhi Wu., Longlong Ma., Zhenhong Yuan. (2007) “A study on the economic efficiency of hydrogen production from biomass residues in China”, Applied Renewable Energy; 33 : 1874–1879.

[10] Hanaokaa T., Yoshidaa T., Fujimotoa S., Kameib K., Haradab M., Suzukic Y., Hatanoc H., Yokoyamaa S., Minowa T. (2005) “ Hydrogen production from woody biomass by steam gasification using a CO2 sorbent”, J. Biomass and Bioenergy; 28 : 63–68

[11] David B. Levin., HeguangZhu., Michel Beland., NazimCicek ., Bruce E. Holbein. (2007) “Potential for hydrogen and methane production from biomass residues in Canada”, J.BioresourceTechnology; 98 ; 654–660.

[12] Kiyoshi Dowakia., Tsuyoshi Ohtab., Yasukazu Kasaharab., MitsuoKameyamac., Koji Sakawakic.,ShunsukeMorid. (2007) “An economic and energy analysis on bio-hydrogen fuel using a gasification process”, J. Renewable Energy ; 32 : 80–94.

[13] P. Spath., A. Aden., T. Eggeman., M. Ringer., B. Wallace., and J. Jechura. (2005) “Biomass to production detail design and economics utilizing the Battelle Columbus Laboratory Indirectly-Heated Gasifier”, Technique Report NREL/TP-51-037408, May 2005.

[14] Rob Williams., Nathan Parker., Christopher Yang., Joan Ogden., and Bryan Jenkins., (2007) “H_2 Production via Biomass Gasification”, Advanced Energy Pathways (AEP) Project, Task 4.1 Technology Assessments of Vehicle Fuels and Technologies Public Interest Energy Research (PIER) Program California Energy Commission. July 2007.

[15] Cárdenas R., Alfonso D., Peñalvo E., Perez-Navarro A., Perpiñá C., and Vargas C. (2007) “Potential for Hydrogen Production from Biomass Residues in the Valencian Community”, Instituto de IngenieríaEnergética, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera s/n Valencia, 46022, Spain

[16] A. T-Raissi., M. Elbaccouch., K. Ramasamy., and J. Baik. (2007) “System Analysis of Hydrogen Production and Utilization at KSC”, Florida Solar Energy Center. January 2003 to December 2007.

[17] Ching-HsiungWang., Wei-Bin Lub, Jo-Shu Chang. (2007) “Feasibility study on fermentative conversion of rawand hydrolyzed starch to hydrogen using anaerobic mixed microflora”, International Journal of Hydrogen Energy ; 32 : 3849 – 3859.

[18] Freda R. Hawkes., Helen Forsey., Giuliano C. Premier., Richard M. Dinsdale., Dennis L.Hawkes., Alan J. Guwy., Jon Maddy., Samantha Cherryman., James Shine., David Auty. (2008) “Fermentative production of hydrogen from a wheat flour industry co-product”, J.Bioresource Technology; 99 : 5020–5029

[19] Shing-Der Chen., Kuo-Shing Lee., Yung-Chung Lo., Wen-Ming Chen., Ji-Fang Wu., Chiu-Yue Lin.,Jo-Shu Chang., (2008) “Batch and continuous biohydrogen production from starch hydrolysate by Clostridium species”, International Journal of Hydrogen Energy; 33: 1803–1812

[20] Kuo-Shing Lee., Yao-Feng Hsu., Yung-Chung Lo., Ping-Jei Lin., Chiu-Yue Lin., Jo-Shu Chang. (2008)“Exploring optimal environmental factors for fermentativehydrogen production from starch using mixed anaerobic microflora”, International Journal of Hydrogen Energy; 33: 1565-1572

[21] SakchaiPattra**,** SuksamanSangyoka**,** MallikaBoonmee**,** AlissaraReungsang**.,** **(**2008**).** “Bio-hydrogen production from the fermentation of sugarcane bagasse hydrolysate by Clostridium butyricum. International Journal of Hydrogen EnergyVolume; 33 : 195256-5265

[22] Effects of light source, intensity and lighting regime on bio-hydrogen production from ground wheat starch by combined dark and photo-fermentations", International journal of hydrogenenergy; 35: 1604–1612
http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6a.html. (15 August 2010)
[23] A. Abuadala., I. Dincer., G.F. Naterer. (2010) "Exergy analysis of hydrogen production from biomass Gasification", International Journal of Hydrogen Energy; 35: 4981 – 4990
[24] Huibo Su., Jun Cheng., Junhu Zhou., Wenlu Song., Kefa Cen. (2009) "Improving hydrogen production from cassava starch by combination of dark and photo fermentation", International Journal of Hydrogen Energy; 34: 1780–1786
[25] Krzysztof Urbaniec., Robert Grabarczyk (2009) "Raw materials for fermentative hydrogen production", Journal of Cleaner Production; 17: 959–962
[26] Nima Nasirian., MortezaAlmassi., SaeidMinaei., RenatusWidmann. (2010) "Development of a method for biohydrogen production from wheat straw by dark fermentation", Journal of hydrogen Energy; xxx: 1 – 10
[27] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน 2554. ข้อมูลของราคาชีวมวลเฉลี่ยสำหรับประเทศไทย ก.ค.2552–ส.ค. 2554 กระทรวงพลังงาน