

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

งานวิจัยนี้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกจะเป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยชีวมวล ระหว่างเทคโนโลยีการผลิตก๊าซ (Gasification) และเทคโนโลยีการหมัก (Fermentation) ใน 3 ประเด็น ได้แก่

1. ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้
2. เศรษฐศาสตร์
3. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ส่วนที่สองเป็นการนำเอาผลการวิเคราะห์ในส่วนแรกมาทำการประเมินเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยชีวมวล ด้วยเทคนิคกระบวนการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP) เพื่อใช้ตัดสินใจในการเลือกเทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลที่เหมาะสมกับประเทศไทยมากที่สุด

4.1 การวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2

ในการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ของแต่ละเทคโนโลยีนั้น ในที่นี้ได้แบ่งแยกออกไปเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 แยกตามชนิดของชีวมวลที่ใช้เป็นวัตถุดิบ (Feed stock) และการวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 แยกตามปีที่ทำการวิจัยเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล โดยมีการศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัยจำนวนทั้งหมด 23 รายงานวิจัย ตั้งแต่ปี 2001-2010

4.1.1 การวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 แยกตามชนิดของชีวมวลที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

ในการเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 นั้นจะพิจารณาจากปริมาณ H_2 ที่ได้ออกมาในหน่วย ลิตรไฮโดรเจนต่อกิโลกรัมของชีวมวล ($L-H_2/kg\text{-biomass}$) เมื่อ H_2 ที่ผลิตได้อยู่ในสถานะก๊าซ มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.0899 kg/m^3 ที่สภาวะมาตรฐาน (STP) อุณหภูมิ 0°C ความดัน 1 บรรยากาศ

จากการเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ตามชนิดของชีวมวลพบว่าผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยเทคโนโลยี Gasification มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 951.08 L- H_2 /kg-biomass โดยชีวมวลที่ให้ผลผลิตสูงสุด 2 อันดับแรกได้แก่ ไม้ (wood) 1730.59 L- H_2 /kg-biomass, ข้าว (Rice) 1287.43 L- H_2 /kg-biomass ตามลำดับ ส่วนเทคโนโลยี Fermentation จะมีผลผลิต H_2 เฉลี่ยอยู่ที่ 287.90 L- H_2 /kg-biomass โดยชีวมวลที่ให้ผลผลิตสูงสุด 2 อันดับแรกได้แก่ มันสำปะหลัง (Casava) 840.00 L- H_2 /kg-biomass และมันฝรั่ง (Potato) 870.00 L- H_2 /kg-biomass ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตารางเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ตามชนิดของชีวมวลที่ใช้ในการผลิตในช่วงในช่วงปี 2001 ถึง 2010 (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H₂ ที่ได้ของจากชีวมวลแต่ละชนิดตั้งแต่ปี 2001-2010

ปีวิจัย	ชื่อผู้วิจัย	ประเทศ	ชื่องานวิจัย	ชนิดของชีวมวล	ปริมาณ H ₂ ที่ผลิตได้ H ₂ (H ₂ -L/kg-Biomass)	
					Gasification	Fermentation
2001	Yokoi H	Japan	Microbial hydrogen production from sweet potato starch residue.	Potato		299.00
				Potato		870.00
2002	Francis S. Lau	U.S.A	Techno-economic analysis of hydrogen production by gasification of biomass.	Bagasse	877.53	
				Switch Grass	944.94	
				Nut Shell Mix	992.13	
2003	Pengmei Lv	China	A study on the economic efficiency of hydrogen production from biomass residues in China.	Rice	900.74	
				Soya bean	900.84	
				Grain sorghum	903.69	
				Wheat	900.79	
				Sugar cane	900.51	
			Sunflower seed	899.32		

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้ของจากชีวมวลแต่ละชนิดตั้งแต่ปี 2001-2010

ปีวิจัย	ชื่อผู้วิจัย	ประเทศ	ชื่องานวิจัย	ชนิดของชีวมวล	ปริมาณ H_2 ที่ผลิตได้ H_2 (H_2 -L/kg-Biomass)	
					Gasification	Fermentation
2003	Pengmei Lv	China	A study on the economic efficiency of hydrogen production from biomass residues in China.	Rape seed	901.02	
				Corn	900.77	
				Cotton	900.91	
				Hemp	902.56	
2004	Toshiaki Hanaoka	Japan	Hydrogen production from woody biomass by steam gasification using a CO_2 sorbent.	Wood	800.00	
				Wood		192.68
2005	Kiyoshi Dowaki	Japan	An economic and energy analysis on bio-hydrogen fuel using a gasification process.	Wood	770.34	

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้จากชีวมวลแต่ละชนิดตั้งแต่ปี 2001-2010

ปีวิจัย	ชื่อผู้วิจัย	ประเทศ	ชื่องานวิจัย	ชนิดของชีวมวล	ปริมาณ H_2 ที่ผลิตได้ H_2 (H_2 -L/kg-Biomass)	
					Gasification	Fermentation
2005	Spath et al	U.S.A	Biomass to hydrogen production detail design and economics utilizing the Battelle Columbus Laboratory Indirectly-Heated Gasifier.	Rice	812.15	
2006						
72	Nathan Parker	U.S.A	H_2 Production via Biomass gasification advanced energy pathway (AEP) project.	Wood	938.13	
2007	Cárdenas, R	Spain	Potential for hydrogen production from biomass residues in The Valencian Community.	Rice	1287.43	
				Woody	1730.59	



ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H₂ ที่ได้จากชีวมวลแต่ละชนิดตั้งแต่ปี 2001-2010

ปีวิจัย	ชื่อผู้วิจัย	ประเทศ	ชื่องานวิจัย	ชนิดของ ชีวมวล	ปริมาณ H ₂ ที่ผลิตได้ H ₂ (H ₂ -L/kg-Biomass)	
					Gasification	Fermentation
2007	M. Elbaccouch	U.S.A	System analysis of hydrogen production and utilization at KSC task 2 -- Aspen Plus Process Model for the Production of Gaseous Hydrogen via Steam Gasification of Bagasse.	Bagasse	918.40	
						137.00
2008	Ching-Hsiung Wang	Taiwan	Feasibility study on fermentative conversion of raw and hydrolyzed starch to hydrogen using anaerobic mixed microflora.	Cassava		
2008	Freda R. Hawkes	UK	Fermentative production of hydrogen from a wheat flour industry co-product.	Wheat	64.00	
				Wheat	56.00	
				Wheat	56.00	
	Shing-Der Chen	Taiwan	Batch and continuous bio-hydrogen production from starch hydrolysate by Clostridium species	Casava		159.00

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H₂ ที่ได้จากชีวมวลแต่ละชนิดตั้งแต่ปี 2001-2010

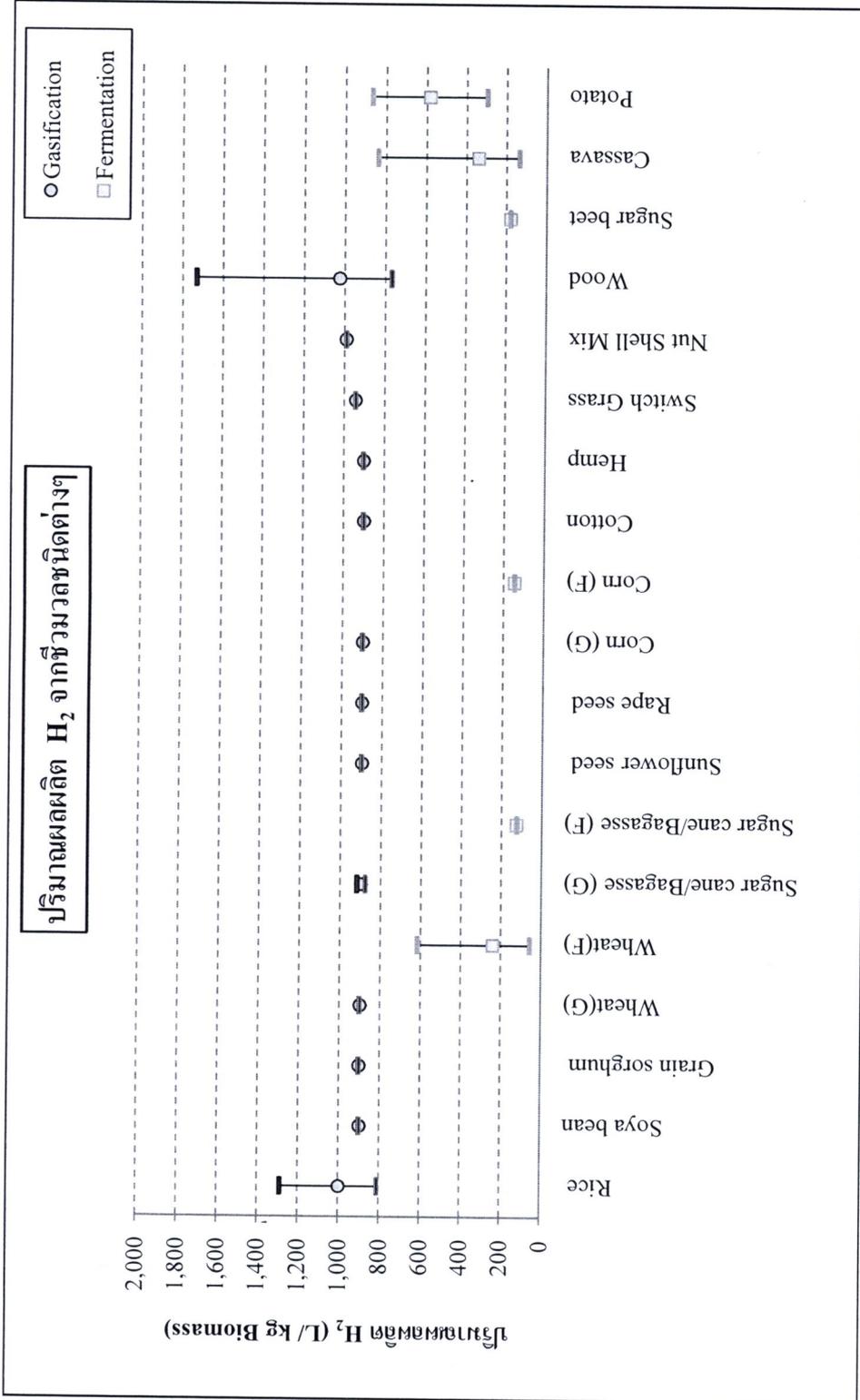
ปีวิจัย	ชื่อผู้วิจัย	ประเทศ	ชื่องานวิจัย	ชนิดของชีวมวล	ปริมาณ H ₂ ที่ผลิตได้ H ₂ (H ₂ -L/kg-Biomass)	
					Gasification	Fermentation
2008	Kuo-Shing Leea,	Taiwan	Exploring optimal environmental factors for fermentative hydrogen production from starch using mixed anaerobic microflora.	Casava		212.00
	Sakchai Pattra	Thailand	Bio-hydrogen production from the fermentation of sugarcane bagasse hydrolysate by <i>Clostridium butyricum</i> .	Sugar cane		123.59
2009	A. Abuadala	Turkey	Bio-hydrogen production by dark fermentation of wheat powder solution: Effects of C/N and C/P ratio on hydrogen yield and formation rate.	Wheat		281.00
		Canada	Exergy analysis of hydrogen production from biomass gasification.	Wood	889.88	

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H₂ ที่ได้ของจากชีวมวลแต่ละชนิดตั้งแต่ปี 2001-2010

ปีวิจัย	ชื่อผู้วิจัย	ประเทศ	ชื่องานวิจัย	ชนิดของชีวมวล	ปริมาณ H ₂ ที่ผลิตได้ H ₂ (H ₂ -L/kg-Biomass)	
					Gasification	Fermentation
2009	Huibo Su	China	Improving hydrogen production from cassava starch by combination of dark and photo fermentation.	Cassava		276.00
				Cassava		402.00
	Krzysztof Urbaniec	Poland	Raw materials for fermentative hydrogen production.	Sugar beet		178.31
				Potato		206.34
				Wheat		616.69
				Wheat		521.69
				Cassava		840.00
2010	Jun Cheng	China	Hydrogen production by mixed bacteria through dark and photo fermentation.	Cassava		351.00
	Nima Nasirian	Germany	Development of a method for bio-hydrogen production from wheat straw by dark fermentation.	Wheat		141.00

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H₂ ที่ได้จากชีวมวลแต่ละชนิดตั้งแต่ปี 2001-2010

ปี ที่วิจัย	ชื่อผู้วิจัย	ประเทศ	ชื่องานวิจัย	ชนิดของ ชีวมวล	ปริมาณ H ₂ ที่ผลิตได้ H ₂ (H ₂ -L/kg-Biomass)	
					Gasification	Fermentation
2010	Argun H	Turkey	Effects of light source, intensity and lighting regime on bio-hydrogen production from ground wheat starch by combined dark and photo-fermentations.	Wheat		218.00
	Yong-Woo Lee	Korea	Bio-production of hydrogen from food waste by pilot-scale combined hydrogen/methane fermentation.	Corn		144.30
				Avg	951.08	269.25
				Max	1730.59	840.00
				Min	770.34	56.00



รูปที่ 4.1 ผลเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลแต่ละชนิดที่ใช้เป็นวัตถุดิบระหว่างเทคโนโลยีการ Gasification และ Fermentation

จากรูปที่ 4.1 ที่แสดงผลเปรียบเทียบผลผลิต H_2 จากวัตถุดิบชนิดต่างๆ ด้วยเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation พบว่าการผลิตด้วยเทคโนโลยี Gasification จะให้ผลผลิต H_2 สูงกว่าเทคโนโลยี Fermentation ประมาณ 3 เท่าในทุกชนิดของวัตถุดิบชีวมวล

และจากข้อมูลของชนิดของชีวมวลที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 พบว่าเทคโนโลยี Gasification จะมีจำนวนชนิดวัตถุดิบชีวมวลทั้งหมด 13 ชนิด ในขณะที่จำนวนชนิดวัตถุดิบชีวมวลของเทคโนโลยี Fermentation มีเพียง 7 ชนิด ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่า เทคโนโลยี Gasification สามารถนำเอาชีวมวลที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบได้หลากหลายกว่าเทคโนโลยี Fermentation ทั้งนี้เนื่องจาก ความแตกต่างของเทคโนโลยีในขั้นตอนการผลิต ได้แก่

1. เทคโนโลยี Gasification เป็นวิธีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ที่สามารถดึงเอา H ออกมาจากสารประกอบชีวมวลได้ง่ายกว่า เทคโนโลยี Fermentation เพราะเทคโนโลยี Gasification เป็นวิธีที่ใช้ความร้อนหรือการเผาไหม้ชีวมวล ดังนั้นชีวมวล ที่มีขององค์ประกอบสารอินทรีย์ทั้งจากสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต คือ คาร์บอน (C), ออกซิเจน (O) และ ไฮโดรเจน (H) ซึ่งพบได้ทั่วไปในธรรมชาติ จึงทำให้มีชีวมวลมากมายที่สามารถนำเอามาใช้ในการเป็นวัตถุดิบผลิตเชื้อเพลิง H_2 โดยเฉพาะ ไม้และส่วนที่เหลือหรือกากทางการเกษตรต่างๆ (Residue)

2. เทคโนโลยี Fermentation มีข้อจำกัดในเรื่องของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นตัวย่อยสลายชีวมวล เพราะต้องเลือกชนิดของจุลินทรีย์และเงื่อนไขในการผลิตให้เหมาะสมกับชนิดของชีวมวลเท่านั้น จึงจะสามารถผลิตก๊าซ H_2 ได้ เนื่องจากการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยเทคโนโลยีนี้ส่วนใหญ่ มักจะทำการดึง H ออกมาจากสารประกอบจำพวกแป้ง (Starch) ที่ต้องใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลาย

หากเปรียบเทียบชนิดของวัตถุดิบชีวมวลแล้วจะเห็นว่าในทั้ง 2 เทคโนโลยีมีการเลือกศึกษาและพัฒนาเพื่อเพิ่มผลผลิตในวัตถุดิบต่างชนิดกัน โดยในเทคโนโลยี Gasification จะให้ความสำคัญกับชีวมวลที่มาจากไม้และข้าว เป็นหลัก ดังจะเห็นได้จากข้อมูลการเปรียบเทียบปริมาณการผลิต H_2 โดยวัตถุดิบชนิดต่างๆในรูปที่ 4.1 ซึ่งจะพบว่าปริมาณเชื้อเพลิง H_2 ที่ผลิตได้จากไม้และข้าวสามารถนำมาทำเป็นช่วงปริมาณผลผลิตได้กว้างกว่าวัตถุดิบชีวมวลชนิดอื่นๆ โดยไม้จะสามารถผลิต H_2 ได้ในช่วง 750-1,750 $L-H_2/kg-biomass$ และข้าวผลิตในช่วง 800-1,300 $L-H_2/kg-biomass$ ในขณะที่ชีวมวลอื่นจะมีช่วงปริมาณเชื้อเพลิง H_2 ที่ผลิตได้อยู่ในช่วงที่แคบ ประมาณ 900-1,000 $L-H_2/kg-biomass$ เท่านั้น สำหรับเทคโนโลยี Fermentation มันฝรั่ง (Potato), มันสำปะหลัง (Cassava) และข้าวสาลี (Wheat) เป็นวัตถุดิบชีวมวลที่ให้ผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 สูง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นของเทคโนโลยีนี้ โดยมันฝรั่งมีปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 อยู่ในช่วง 200-900 $L-H_2/kg-biomass$ มันสำปะหลังอยู่ในช่วง 150-850 $L-H_2/kg-biomass$ และข้าวสาลีอยู่ในช่วง 50-600 $L-H_2/kg-biomass$ ส่วนชีวมวลอื่นจะมีช่วงปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 อยู่ในช่วงที่แคบ ประมาณ 100-200 $L-H_2/kg-$

biomass ซึ่งจะสอดคล้องกับข้อมูลเปรียบเทียบการศึกษาปริมาณการผลิต H_2 จากชีวมวลชนิดต่างๆ ในแต่ละปีตั้งแต่ปี 2001 ถึง 2010 และจะได้อธิบายในการวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 แยกตามปีที่ทำการผลิตต่อไป

4.1.2 การวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 แยกตามปีที่วิจัยเชื้อเพลิง H_2

ในประเด็นการศึกษาในหัวข้อนี้จะเป็นการศึกษาแนวโน้มของการวิจัยด้านการผลิตเชื้อเพลิง H_2 รูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า การศึกษาปริมาณการผลิต H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification เริ่มระหว่างตั้งแต่ปี 2002-2008 โดยมี 13 ชนิดของชีวมวลที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ไม่เป็นวัตถุดิบที่มีการวิจัยและพัฒนาในเรื่องของปริมาณผลผลิต H_2 มากที่สุดในเทคโนโลยีนี้ตั้งแต่ปี 2004-2007 แม้จะไม่เห็นแนวโน้มของการพัฒนาผลผลิตอย่างชัดเจนมากนัก

และเทคโนโลยี Fermentation นั้นก็ได้มีการศึกษาตั้งแต่ปี 2001-2010 โดยมี 7 ชนิดของชีวมวลที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ซึ่งมันฝรั่ง (Potato), มันสำปะหลัง (Cassava) และข้าวสาลี (Wheat) ก็ยังเป็นวัตถุดิบชีวมวลที่มีการศึกษาและพัฒนามาก ซึ่งปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 มีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดโดยเฉพาะ มันสำปะหลังและข้าวสาลี ที่มีการศึกษาและพัฒนาตั้งแต่ปี 2007 จนถึงปี 2010

ดังนั้นแนวโน้มของการพัฒนาปริมาณผลผลิต H_2 จากชีวมวลในอนาคต จะเน้นไปที่เทคโนโลยี Fermentation เป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เนื่องมาจากในการผลิต H_2 ด้วยเทคโนโลยี Gasification แม้จะเป็นวิธีการที่สามารถผลิตเชื้อเพลิง H_2 ได้ง่ายและให้ปริมาณผลผลิตที่สูงกว่าเทคโนโลยี Fermentation แต่เทคโนโลยีนี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเรื่องของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงทำให้มีการพัฒนาเทคโนโลยี Fermentation เพื่อหาเชื้อจุลินทรีย์และสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเชื้อเพลิง H_2 มากขึ้น ทำให้ในช่วงต้นๆ ของการรวบรวมข้อมูลการศึกษาเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยเทคโนโลยี Fermentation จึงไม่พบข้อมูลดังกล่าวและอาจจะเป็นช่วงระยะเวลาที่ต้องใช้ในการศึกษาเริ่มต้น จึงทำให้ช่วงแรกๆ เน้นการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยเทคโนโลยี Gasification สำหรับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของแต่ละเทคโนโลยี ได้มีรายละเอียดอธิบายในหัวข้อการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมต่อไป

จากวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากวัตถุดิบชีวมวล ด้วยเทคโนโลยี Gasification และเทคโนโลยี Fermentation ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ร่วมกับข้อมูลปริมาณผลผลิตชีวมวลของประเทศไทยในแต่ละปี ซึ่งได้นำเสนอไปแล้วในบทที่ 1 สามารถประเมินถึงแนวโน้มปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลเปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ของประเทศไทยในแต่ละปีได้ดังตารางที่ 4.2 พบว่าปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยเทคโนโลยี Gasification มีค่าเท่ากับ 82.86 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี (82,862 ล้าน $L-H_2$ /ปี) ในขณะที่เทคโนโลยี Fermentation ผลิตได้เพียง 5.96 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี (5,960 ล้าน $L-H_2$ /ปี) และเมื่อนำปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้มาเทียบให้อยู่ในรูปของปริมาณของน้ำมันเบนซิน (Gasoline) โดย 1 Nm^3 ของ H_2 ($\text{Nm}^3 - H_2$) จะมีค่าเทียบได้กับ 0.34 L ของ gasoline (L- gasoline) ดังนั้นปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 82.86 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี ด้วยเทคโนโลยี Gasification จึงเทียบได้กับ 28.17 ล้านลิตร ของน้ำมันเบนซิน/ปี หรือสามารถเติมให้กับรถยนต์ส่วนบุคคลขนาดมาตรฐาน (เต็มถัง 40 L)¹ ได้ประมาณ 704,327 คัน และสำหรับเทคโนโลยี Fermentation เทียบได้กับ 2.03 ล้านลิตร ของน้ำมันเบนซิน/ปี หรือสามารถเติมให้กับรถยนต์ส่วนบุคคลขนาดมาตรฐานได้แค่ 50,666 คันเท่านั้น ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิต H_2 จากชีวมวลที่ผลิตได้ระหว่างเทคโนโลยี Gasification และเทคโนโลยี Fermentation แล้วพบว่า เทคโนโลยี Gasification สามารถผลิตเชื้อเพลิง H_2 ได้มากกว่าเทคโนโลยี Fermentation ถึง 14 เท่า

และเมื่อพิจารณาแยกชนิดของชีวมวลของประเทศไทยที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต H_2 ในรูปที่ 4.3 จะเห็นว่า การผลิตด้วยเทคโนโลยี Gasification จะให้ปริมาณผลผลิต H_2 มากกว่าเทคโนโลยี Fermentation ในทุกชนิดของวัตถุดิบชีวมวล สอดคล้องตามการประเมินผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลที่พบในประเทศไทยในตารางที่ 4.2 ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิต Gasification และ Fermentation แล้ว เทคโนโลยี Gasification มีความเหมาะสมสำหรับชีวมวลที่เป็นผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ของไทย มากกว่า Fermentation โดยเฉพาะอ้อยและข้าว สามารถผลิตเชื้อเพลิง H_2 ได้มากที่สุด 2 อันดับแรก และผลิตเชื้อเพลิง H_2 ได้มากกว่าเทคโนโลยี Fermentation 7 เท่าสำหรับอ้อย และยังไม่มีการนำเอาข้าวมาผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยเทคโนโลยี Fermentation

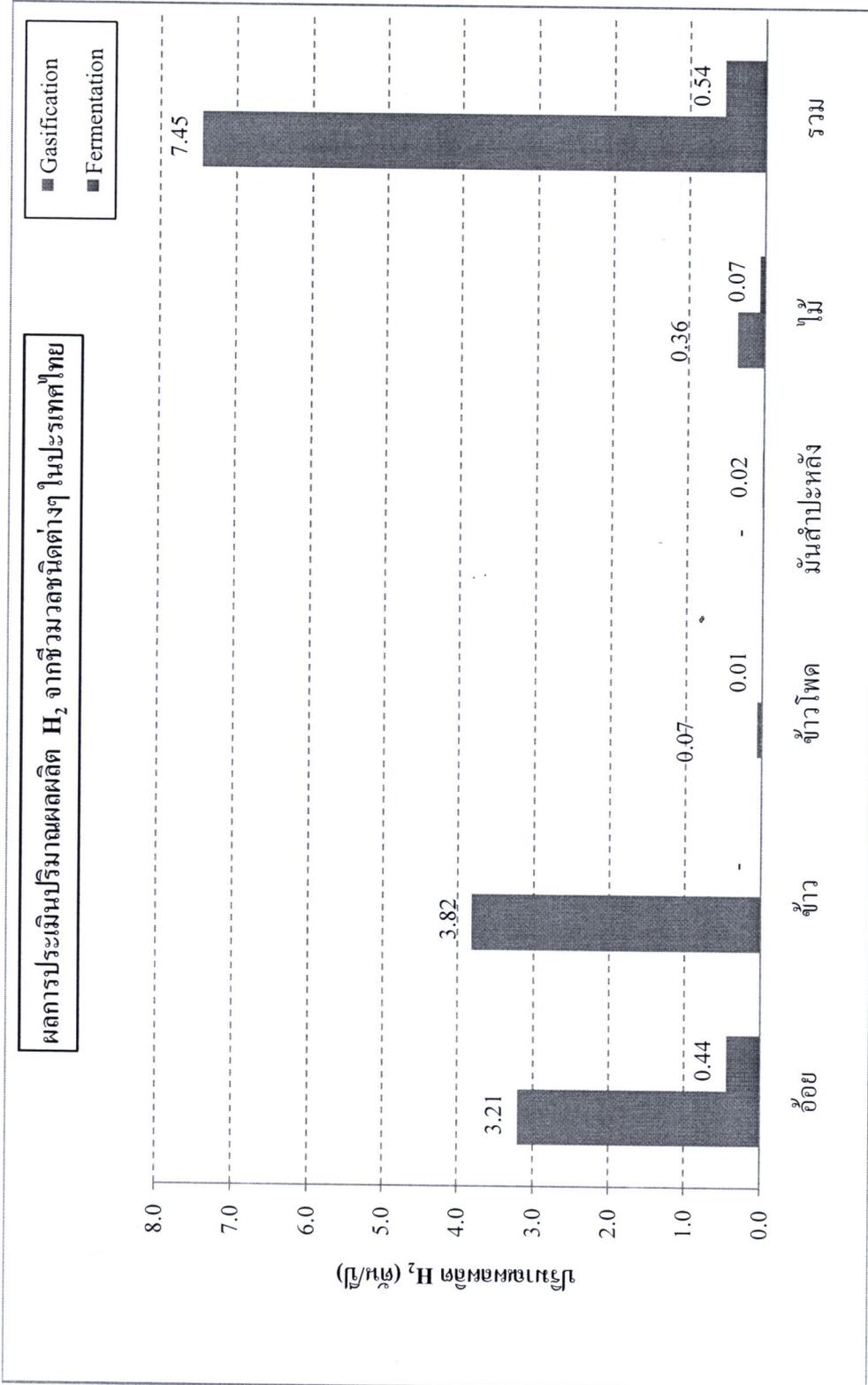
ตารางที่ 4.2 การประเมินปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลของประเทศไทย

ชีวมวล	ปริมาณชีวมวลที่ได้ (ตัน/ปี)	ค่าเฉลี่ยของผลผลิตเชื้อเพลิง H ₂ (H ₂ -L/kg-Biomass)		การประเมินผลผลิตเชื้อเพลิง H ₂ ของไทย (x 10 ⁶ H ₂ Nm ³ /ปี)		การประเมินผลผลิตเชื้อเพลิง H ₂ ของไทย เปรียบเทียบกับ Gasoline (x 10 ⁶ L/ปี)	
		Gasification	Fermentation	Gasification	Fermentation	Gasification	Fermentation
ชานอ้อย, ยอดและใบ	39,690.54	898.81	123.59	35.67	4.91	12.13	1.67
แกลบ, ฟางข้าว	42,458.00	1,000.10	-	42.46	-	14.44	-
ขี้ข้าวโพด	807.31	900.77	144.30	0.73	0.12	0.25	0.04
ทะลายปาล์มปล่า, กากใบ, กะลา, ทางใบ, ก้าน	6,577.44	-	-	-	-	-	-
ลำต้นและเหง้ามัน ลำปะทูลัง	553.41	-	339.57	-	0.19	-	0.06

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) การประเมินปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลของประเทศไทย

ชีวมวล	ปริมาณชีวมวลที่ได้ (ตัน/ปี)	ค่าเฉลี่ยของผลผลิตเชื้อเพลิง H ₂ (H ₂ -L/kg-Biomass)		การประเมินผลผลิตเชื้อเพลิง H ₂ ของไทย (x 10 ⁶ H ₂ Nm ³ /ปี)		การประเมินผลผลิตเชื้อเพลิง H ₂ ของไทย เปรียบเทียบกับ Gasoline (x 10 ⁶ L/ปี)	
		Gasification	Fermentation	Gasification	Fermentation	Gasification	Fermentation
ขี้เถ้าและเศษไม้ยางพารา	1,257.58	1,025.79	192.68	1.29	0.24	0.44	0.08
ไม้ฟันและเปลือกไม้ยูคา ดิบคัส	2,040.00	1,025.79	192.68	2.09	0.39	0.71	0.13
เศษไม้จากสวนป่า	600.00	1,025.79	192.68	0.62	0.12	0.21	0.04
รวม	93,984.28			82.86	5.96	28.17	2.03

หมายเหตุ: รายละเอียดการประเมินผลผลิตเชื้อเพลิง H₂ ของไทยแสดงในภาคผนวก ก



รูปที่ 4.3 การประเมินปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากวัตถุดิบชีวมวลชนิดต่างๆ ในประเทศไทยระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันของประเทศไทย จากรายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2553 (2010) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ในตารางที่ 4.3 พบว่าประเทศไทยมีปริมาณการใช้้ำมันสำเร็จรูปโดยเฉลี่ยตั้งแต่ปี 2006-2010 อยู่ในช่วง 38,000-42,000 ล้านลิตร/ปี และเมื่อนำผลประเมินการเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลของประเทศไทยมาเทียบเท่ากับปริมาณน้ำมันจะได้ดังรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย จำแนกตามประเภท ^{1/}

หน่วย: กายภาพ

ประเภท	หน่วย	2549	2550	2551	2552	2553 ^P
		2006	2007	2008	2009	2010 ^P
พลังงานเชิงพาณิชย์						
ถ่านหิน	10 ³ ton	12,843	11,843	12,994	12,571	11,866
แอนทราไซต์	10 ³ ton	427	206	235	186	248
บิทูมินัส	10 ³ ton	4,484	3,135	2,302	3,163	727
ถ่านโค้ก	10 ³ ton	53	65	52	11	280
ลิกไนต์	10 ³ ton	3,027	2,304	2,084	1,995	2,037
ถ่านอัดและอื่นๆ	10 ³ ton	4,852	6,133	8,321	7,216	8,574
น้ำมันสำเร็จรูป	10 ⁶ litre	38,916	39,939	38,912	39,478	41,245
ก๊าซปิโตรเลียม	10 ⁶ litre	4,983	5,663	6,587	6,450	7,194

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย จำแนกตามประเภท^{1/}

หน่วย: ภาวะภาพ

ประเภท	หน่วย	2549	2550	2551	2552	2553 ^P
		2006	2007	2008	2009	2010 ^P
น้ำมันเบนซิน (Gasoline)	10 ⁶ litre	7,215	7,336	7,121	7,524	7,416
เบนซินพิเศษไร้สาร ตะกั่วออกเทน 91	10 ⁶ litre	4,464	4,466	3,388	2,877	2,958
เบนซินพิเศษไร้สาร ตะกั่วออกเทน 95	10 ⁶ litre	1,472	1,107	341	177	77
แก๊สโซฮอล์ อี 10 ออกเทน 91	10 ⁶ litre	94	244	924	1,415	1,551
แก๊สโซฮอล์ อี 10 ออกเทน 95	10 ⁶ litre	1,185	1,519	2,439	2,972	2,691
แก๊สโซฮอล์ อี 20 ออกเทน 95	10 ⁶ litre	-	-	29	83	137
แก๊สโซฮอล์ อี 85	10 ⁶ litre	-	-	-	-	2
น้ำมันเครื่องบิน ^{2/}	10 ⁶ litre	4,518	4,932	4,636	4,432	4,712
น้ำมันก๊าด	10 ⁶ litre	20	18	16	18	15
น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว	10 ⁶ litre	18,226	18,026	13,813	10,293	12,442
น้ำมันดีเซลหมุนช้า	10 ⁶ litre	59	33	9	-	-
ปาล์มดีเซล	10 ⁶ litre	4	3	2	1	-

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย จำแนกตามประเภท^{1/}

หน่วย: กายภาพ

ประเภท	หน่วย	2549	2550	2551	2552	2553 ^P
		2006	2007	2008	2009	2010 ^P
พลังงานเชิงพาณิชย์						
ดีเซลหมุนเร็ว ปี 5	10 ⁶ litre	43	627	3,780	8,156	7,053
น้ำมันเตา	10 ⁶ litre	3,848	3,301	2,948	2,604	2,413
ก๊าซธรรมชาติ	MMscf	92,416	107,293	130,403	147,568	204,865
ไฟฟ้า	Gwh	127,811	133,178	135,449	135,209	149,475
พลังงานหมุนเวียน						
ฟืน ^{3/}	10 ³ ton	8,909	8,552	8,719	8,219	9,622
ถ่าน	10 ³ ton	4,106	4,288	4,527	4,382	4,867
แกลบ	10 ³ ton	2,928	3,060	3,474	3,620	3,042
กากอ้อย	10 ³ ton	13,654	14,778	15,801	15,846	15,264
วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ^{3/}	10 ³ ton	4,600	5,986	6,156	7,531	9,017
ขยะ	10 ³ ton	-	-	-	-	-
ก๊าซชีวภาพ	m ³	-	-	-	-	-

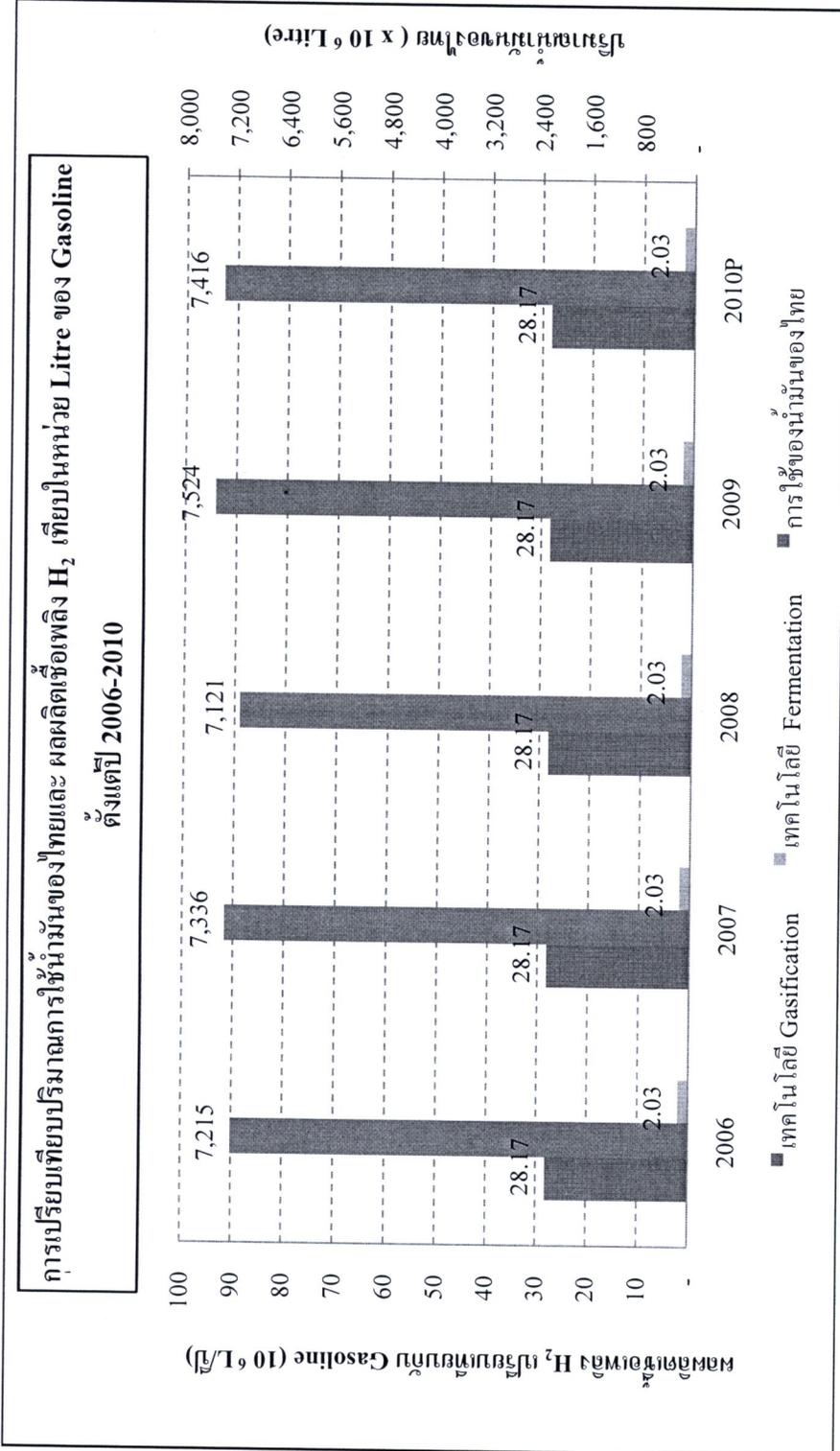
ตารางที่ 4.3 (ต่อ) การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย จำแนกตามประเภท^{1/}

หน่วย: กายภาพ

ประเภท	หน่วย	2549	2550	2551	2552	2553 ^P
		2006	2007	2008	2009	2010 ^P
พลังงานอื่นๆ						
แบล็กค็อกและก๊าซเหลือใช้ จาก ขบวนการผลิต	GJ	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: 1/ "0" หมายถึง ตัวเลขที่มีค่าน้อยกว่า 0.5
 2/ รวมน้ำมันอากาศยาน
 3/ ปี 2547-2549 ได้มีการปรับปรุงจากการสำรวจ

ที่มา : รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2553 (2010) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์
 พลังงาน กระทรวงพลังงาน



รูปที่ 4.4 ปริมาณการใช้ น้ำมันของประเทศ ไทยเปรียบเทียบกับผลผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากวัตุดิบชีวมวลระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation เทียบในหน่วยของ Litre น้ำมันเบนซิน (gasoline) ตั้งแต่ปี 2006-2010

และเมื่อพิจารณาปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินทั้งหมดของประเทศไทย แล้วพบว่าปริมาณการใช้น้ำมันมีแนวโน้มที่ค่อนข้างจะคงที่ คือมีปริมาณการใช้ในช่วง 7,100-7,600 ล้านลิตร/ปี ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (2006-2010) หรือมีปริมาณการใช้ น้ำมันเบนซินเฉลี่ย 7,322.40 ล้านลิตร/ปี แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ที่ได้ทำการเทียบเป็นปริมาณของน้ำมันเบนซินที่ได้ พบว่า ปริมาณของเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้มีค่าน้อยกว่า ปริมาณการใช้ น้ำมันเบนซิน โดยเทคโนโลยี Gasification เมื่อเทียบกับการใช้ในรูปแบบของน้ำมันเบนซินได้ 28.17 ล้านลิตร ของน้ำมันเบนซิน/ปี สามารถใช้ทดแทนปริมาณการใช้ น้ำมันเบนซินได้ 0.38% และเทคโนโลยี Fermentation เทียบกับการใช้ในรูปแบบของน้ำมันเบนซินได้ 2.03 ล้านลิตร ของน้ำมันเบนซิน/ปี สามารถใช้ทดแทนปริมาณการใช้ น้ำมันเบนซินได้ 0.03%

ดังนั้นในด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลเมื่อจะนำมาใช้ทดแทนน้ำมันเบนซินในปัจจุบัน จะได้ปริมาณของเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลที่มีปริมาณน้อยมากจากทั้ง เทคโนโลยี Gasification และ Fermentation เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้ น้ำมันเบนซินของประเทศไทย ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาในเรื่องของปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้จากชีวมวลจำเป็นที่จะต้องพัฒนาอย่างต่อเนื่องและจริงจัง หากต้องการนำเอาเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล มาใช้แทนน้ำมันเบนซินในอนาคต ก่อนที่ปริมาณน้ำมันสำรองที่มีอยู่ในปัจจุบันจะลดลงเรื่อยๆ และหมดไป

4.2 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อประเมินค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพื่อผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ว่าเทคโนโลยีใดมีความเหมาะสมกับประเทศไทย จะทำการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 2 แบบด้วยกัน คือ การประเมินความคุ้มค่าจากอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate Return : IRR) และ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) โดยได้มีการศึกษาวิเคราะห์จากรายงานการวิจัยที่ได้ทำการวิเคราะห์มาแล้วก่อนหน้านี้ทั้งหมด 4 รายงานการวิจัย ตั้งแต่ปี 2004-2010 และแบ่งออกเป็นรายงานการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากเทคโนโลยี Gasification 2 รายงานการวิจัย และ จากเทคโนโลยี Fermentation อีก 2 รายงานการวิจัย ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งได้ทำการคิดมูลค่าการลงทุนในหน่วยของ (บาท/ปี)

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ประเมินค่าใช้จ่ายในการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ตั้งแต่ปี 2004

ลำดับ ที่	ปีที่ วิจัย	ชื่อผู้วิจัย	ประเทศ	ชื่องานวิจัย	ชนิดของ ชีวมวล	กำลังการผลิต		Capital Cost (Bth/G.J)		Operation Cost (Bth/G.J)	
						(kg- H_2 /D)	(GJ- H_2 /D)	Gasification	Fermentation	Gasification	Fermentation
1	2004	Tim Eggegan	U.S.A	Boundary Analysis for H_2 Production by Fermentation.	Corn Straw	120,480.00	14,592.54		527.27		508.68
2	2002 - 2007	R. Srivastava	U.S.A	Improved Hydrogen Yield From Florida Specific Biomass Gasification Using a Pilot Scale Gasification Unit	Citrus pellets Citrus pellets Citrus pellets	30,145.58	3,651.23	153.87		78.92	
						32,595.32	3,947.95	153.87		76.78	
						54,672.37	6,621.92	153.87		66.99	
3	2009	Susanjib Sarkar	Canada	Bio-hydrogen production from forest and agricultural residues for upgrading of bitumen from oil sands	Forest residues Forest residues Straw	166,800.00	20,202.18	95.97		199.52	
						166,800.00	20,202.18	154.06		174.27	
						166,800.00	20,202.18	83.34		242.46	

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ประเมินค่าใช้จ่ายในการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวล ระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ตั้งแต่ปี 2004

ลำดับ ที่	ปีที่ วิจัย	ชื่อผู้วิจัย	ประเทศ	ชื่องานวิจัย	ชนิดของ ชีวมวล	กำลังการผลิต		Capital Cost (Bth/G.J)		Operation Cost (Bth/G.J)		
						(kg-H ₂ /D)	(GJ-H ₂ /D)	Gasification	Fermentation	Gasification	Fermentation	
3	2009	Susanjib Sarkar	Canada	Bio-hydrogen production from forest and agricultural residues for upgrading of bitumen from oil sands	Straw	166,800.00	20,202.18	131.33		204.57		
4	2010	Yong-Woo Lee	Korea	Bio-production of hydrogen from food waste by pilot-scale combined hydrogen/methane fermentation	Corn Straw	128.43	15.56		4,051.12		7,989.77	
							Avg		132.33	2,289.20	149.07	4,249.23
							Max		154.06	4,051.12	242.46	7,989.77
							Min		83.34	527.27	66.99	508.68

4.2.1 การประเมินความคุ้มค่าจากอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate Return: IRR)

ซึ่งมีละเอียดสำหรับการลงทุนดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Investment Costs) แบ่งออกเป็น

1.1 Capital Costs ต้นทุนในการลงทุน ที่ประกอบด้วย

$$\text{Capital costs} = \text{Direct Costs} + \text{Indirect Costs}$$

- Direct costs (ต้นทุนทางตรง) ของระบบ คือ costs ทั้งหมดที่ได้รับการพิจารณาว่ามีความเกี่ยวข้องกับการลงทุนให้เกิดการจัดตั้งให้มี Plant โดยตรง และ Direct Costs ได้มาจาก

Direct costs = installed equipment Costs + support facilities applicable to the installed equipment

โดยที่ Installed Costs = Costs of the equipment + Costs of shipment + Costs of installed labor + Costs of material associated with field installation

- Indirect Costs (ต้นทุนทางอ้อม) คือ Costs ที่ไม่สามารถทำการประเมินได้โดยตรงในระบบหรืออุปกรณ์ ซึ่งโดยทั่วไป Costs ในส่วนนี้จะคิดเป็น % ของ direct costs ทั้งหมดของ plant

1.2 Operation Costs ต้นทุนในกระบวนการผลิตทั้งหมดประกอบด้วย

- Labor Costs คือ ต้นทุนค่าแรง

- Machine Costs คือ ต้นทุนการใช้งานเครื่องจักร

- Overhead Costs คือ ต้นทุนค่าใช้จ่ายต่างๆ เช่น ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าเสื่อม

- Material Costs คือ ต้นทุนการใช้วัตถุดิบ

2. ผลตอบแทนการลงทุน (Revenue)

คือ รายได้จากการขายผลผลิตทั้งหมด ซึ่งผลตอบแทนจากการลงทุนในการวิเคราะห์ของงานวิจัยนี้ได้มาจากการขายเชื้อเพลิง H_2 แต่เนื่องจากการกำหนดราคาขายของเชื้อเพลิง H_2 ในปัจจุบันยังไม่สามารถกำหนดราคาที่เป็นมาตรฐานได้แน่นอน เป็นเพียงแค่ราคาขาย (Selling Price of H_2) ที่ได้ทำการประเมินจากลงทุนในแต่ละรายงานวิจัยก่อนหน้านี้ ซึ่งขึ้นอยู่กับ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่แตกต่างกันไปในแต่ละท้องถิ่นของการผลิต เช่น ปริมาณวัตถุดิบชีวมวลที่ใช้ในการ feed stock, ค่าที่ดิน, ค่าวัสดุอุปกรณ์ เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต ดังนั้นในรายงานการวิจัยนี้ จึงได้ทำการกำหนดราคาขายของเชื้อเพลิง H_2 จากการเปรียบเทียบกับราคาของน้ำมันเบนซิน เพื่อให้สอดคล้องกับการวิเคราะห์ในด้านของปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้กล่าวไปแล้วเบื้องต้น

การกำหนดราคาขายเชื้อเพลิง H_2 จากการเทียบกับราคาของน้ำมันเบนซิน ได้อย่างอิงมาจากองค์กร National Institute of Standards and Technology หรือ NIST ประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S.A) ในปี 1994 ได้ให้คำนิยามของ Gasoline gallon equivalent (GGE) หรือ gasoline-equivalent gallon (GEG) ซึ่งเป็นการเทียบพลังงานทางเลือก ให้เท่ากับพลังงานในรูปของเหลว คือน้ำมันเบนซิน (Gasoline) 1 gallon เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบ (ตารางเปรียบเทียบแสดงในภาคผนวก ข) โดย

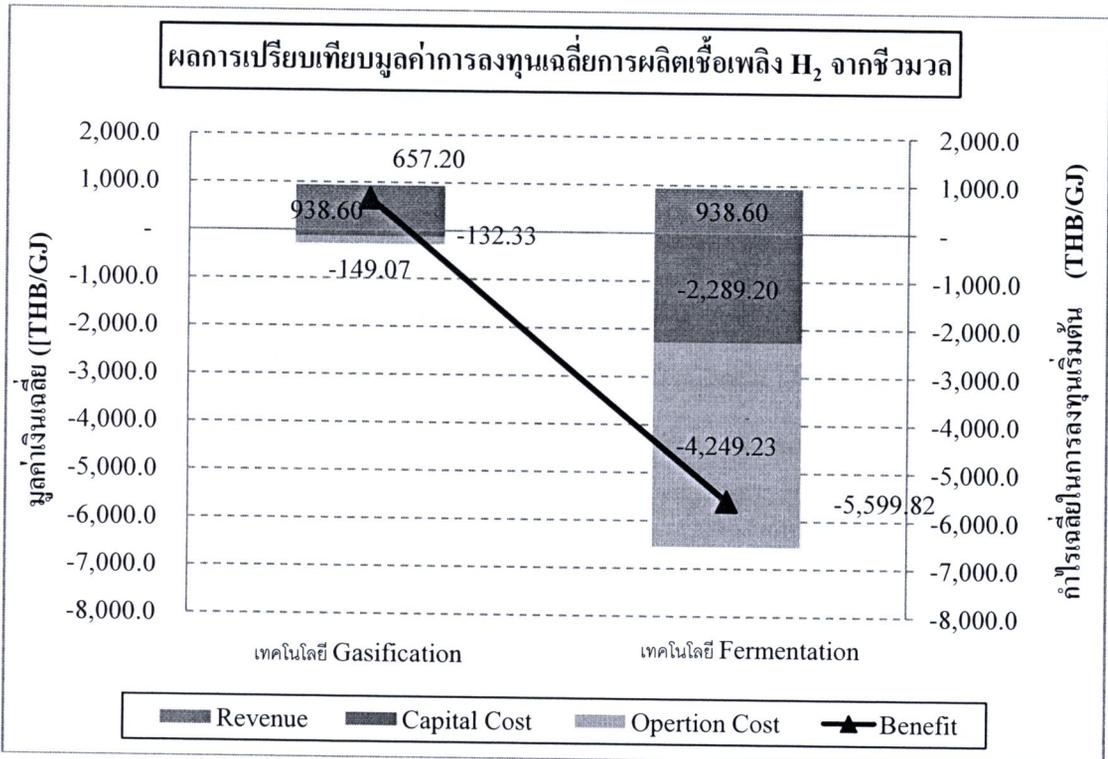
$$\text{น้ำมันเบนซิน 1 US gallon} = H_2 \text{ (gas) } 0.997 \text{ kg} = 0.12 \text{ GJ}$$

และจากรายงานทางด้านสถิติและการวิเคราะห์พลังงานของ EIA (U.S. Energy Information Administration) ได้กำหนดราคาของน้ำมันเบนซินใน U.S. เท่ากับ 3.682 \$/ US gallon – Gasoline (เมื่อ 18/Jul/2011) ดังนั้นจะได้ว่า H_2 (gas) 0.997 kg = 0.12 GJ จะมีค่าเท่ากับ 3.682 \$ หรือเท่ากับ 112.63 บาท (1\$ = 30.59 บาท : อัตราเงินแลกเปลี่ยนจากธนาคารแห่งประเทศไทย เดือน พฤษภาคม 2554) และเมื่อคิดเป็นราคาขายเชื้อเพลิง H_2 จะได้เท่ากับ 938.60 บาท/GJ

ดังนั้นในตารางที่ 4.5 และรูปภาพที่ 4.5 จึงเป็นนำเอาข้อมูลจากรายงานการวิจัยที่ศึกษามาก่อนหน้านี้ในตารางที่ 4.4 มาเปรียบเทียบมูลค่าการลงทุนผลิตเชื้อเพลิงเฉลี่ย H_2 จากชีวมวลระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation

ตารางที่ 4.5 มูลค่าเฉลี่ยการลงทุนเริ่มต้นในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation

มูลค่าการลงทุนเฉลี่ย	Unit	เทคโนโลยี Gasification	เทคโนโลยี Fermentation
Capital Costs	THB/GJ	132.33	2,289.20
Operation Costs	THB/GJ	149.07	4,249.23
Revenue	THB/GJ	938.60	938.60



รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบมูลค่าการลงทุนเฉลี่ยการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลเปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ เทคโนโลยี Fermentation

รูปที่ 4.5 เป็นการเปรียบเทียบมูลค่าการลงทุนเฉลี่ยการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลในหน่วย THB/GJ-H₂ เปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ เทคโนโลยี Fermentation ซึ่งจะเห็นว่า

1. Capital Costs ของการผลิตเชื้อเพลิงจากเทคโนโลยี Gasification มีมูลค่าการลงทุนเฉลี่ยอยู่ที่ 132.33 THB/GJ และ เทคโนโลยี Fermentation มีมูลค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2,289.20 THB/GJ ดังนั้น Capital Costs ของเทคโนโลยี Fermentation สูงกว่าเทคโนโลยี Gasification 17.30 เท่า
2. Operation Costs ของการผลิตเชื้อเพลิงจากเทคโนโลยี Gasification มีมูลค่าการลงทุนเฉลี่ยอยู่ที่ 149.07 THB/GJ และ เทคโนโลยี Fermentation มีมูลค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4,249.23 THB/GJ ดังนั้น Operation Costs ของเทคโนโลยี Fermentation สูงกว่าเทคโนโลยี Gasification 28.50 เท่า

ทั้งนี้ Capital และ Operation Costs ของการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation ที่มีมูลค่าการลงทุนเฉลี่ยสูงกว่าเทคโนโลยี Gasification มาก จากรายงานการวิจัยของ Yong-Woo Lee, 2010 ในตารางที่ 4.4 จะมีมูลค่าการลงทุนในการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลที่สูง

เพราะมีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ที่เป็นเพียง Pilot scale จึงส่งผลทำให้มูลค่าเฉลี่ยของการลงทุนในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยเทคโนโลยี Fermentation สูงตามไปด้วย

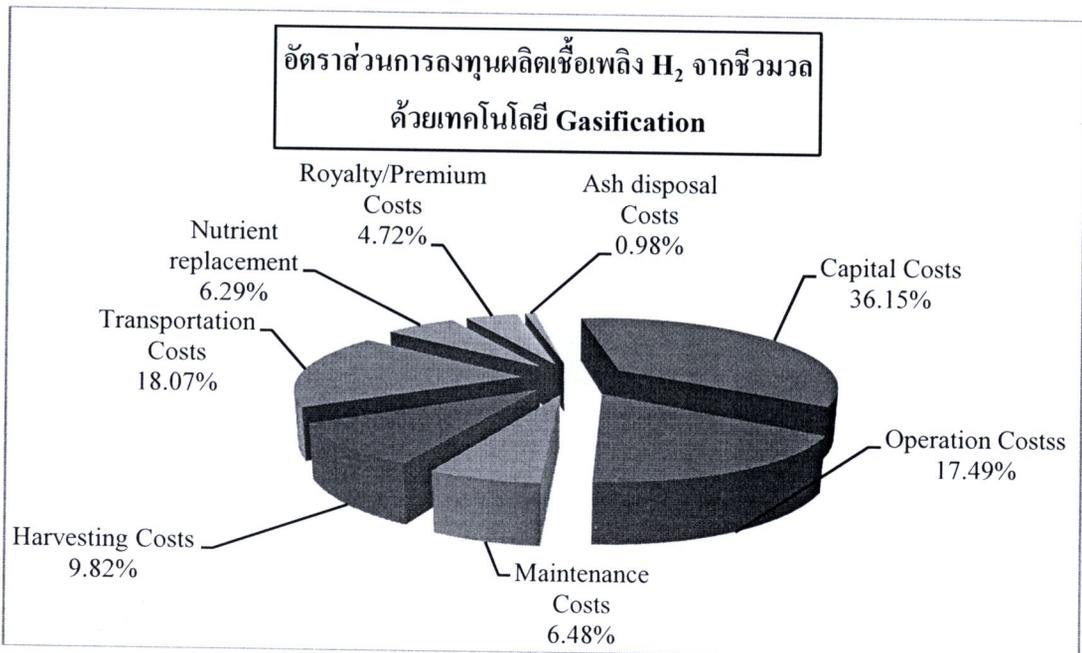
3. Revenue สำหรับรายได้จากการขายเชื้อเพลิง ตามที่ได้มีการกำหนดราคาขายของเชื้อเพลิง H_2 จากการเทียบกับราคาของน้ำมันเบนซิน ได้อ้างอิงมาจาก องค์กร National Institute of Standards and Technology หรือ NIST ประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S.A) ในปี 1994 ดังที่ได้แสดงไปแล้วเบื้องต้น รายได้จากการขายเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลทั้งจากเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation จึงมีราคาเท่ากับ 938.60 THB/GJ

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์การลงทุนในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลของประเทศไทย

จากข้อมูลรายงานการวิจัยศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์การลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลทั้งจากเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ที่ได้นำมาคำนวณหามูลค่าเฉลี่ยการลงทุน ดังที่ได้แสดงในตารางที่ 4.4 เมื่อทำการแยกรายละเอียดเพื่อหาอัตราส่วนในการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ทั้งนี้ในการประเมินมูลค่าการลงทุนการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลของประเทศไทย ได้ใช้มูลค่าการลงทุนของ Material Costs เป็นตัวเทียบเพื่อหามูลค่าการลงทุนของ Costs อื่นๆ โดยอัตราส่วนการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification อ้างอิงจากรายงานของ Susanjib Sarkar, 2009 และ เทคโนโลยี Fermentation อ้างอิงจากรายงานของ Tim Eggeman, 2004 และแสดงตารางเทียบอัตราส่วนได้ดังตารางที่ 4.6 และ 4.7 และรูปภาพที่ 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 อัตราส่วนการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H₂ ด้วยชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification อ้างอิงจากรายงานของ Susanjib Sarkar, 2009

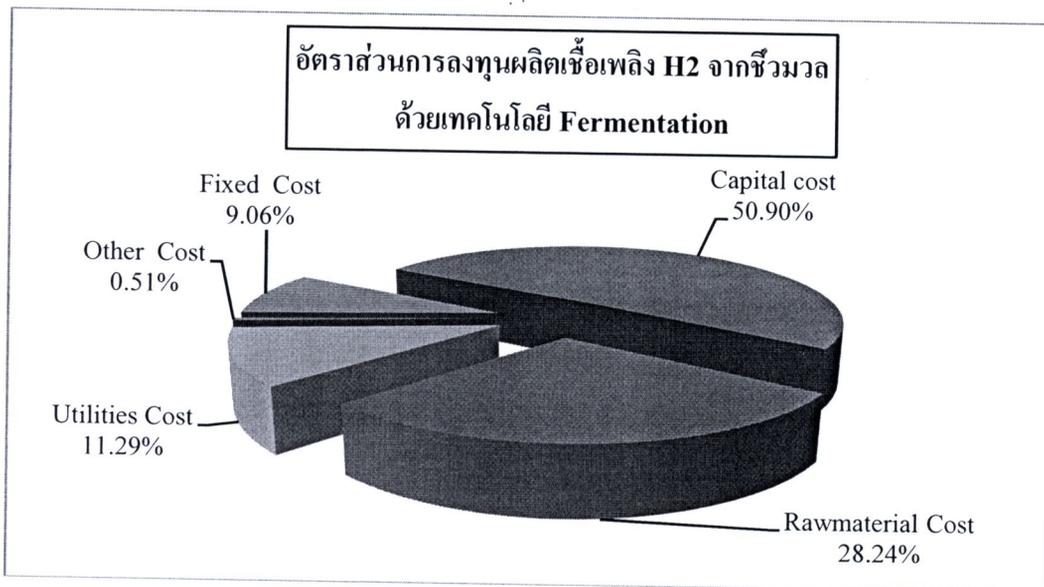
Invest Cost	Average Cost (THB/GJ)	Ratio	Ratio by Raw Material Costs
Capital Costs	116.18	36.15%	3.68
Operation Costs	56.19	17.49%	1.78
Maintenance Costs	20.84	6.48%	0.66
Harvesting Costs	31.57	9.82%	1.00
Transportation Costs	58.09	18.07%	1.84
Nutrient replacement	20.20	6.29%	0.64
Royalty/ Premium Costs	15.15	4.72%	0.48
Ash disposal Costs	3.16	0.98%	0.10
Total Costs	321.38	100.00%	



รูปภาพที่ 4.6 อัตราส่วนการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H₂ ด้วยชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification อ้างอิงจากรายงานของ Susanjib Sarkar, 2009

ตารางที่ 4.7 อัตราส่วนการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H₂ ด้วยชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation อ้างอิงจากรายงานของ Tim Eggeman, 2004

Invest Cost	Average Cost (THB/GJ)	Ratio	Ratio by Raw Material Costs
Capital cost	527.27	50.90%	1.80
Raw material Cost	292.60	28.24%	1.00
Utilities Cost	116.92	11.29%	0.40
Other Cost	5.27	0.51%	0.02
Fixed Cost	93.88	9.06%	0.32
Total Costs	1,035.95	100.00%	



รูปภาพที่ 4.7 อัตราส่วนการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H₂ ด้วยชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation อ้างอิงจากรายงานของ Tim Eggeman, 2004

จากตารางที่ 4.6 , 4.7 และรูปภาพที่ 4.7, 4.8 แสดงอัตราส่วนการลงทุนในการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ตามลำดับ จะเห็นว่าอัตราส่วนใน

การลงทุน ค่าใช้จ่ายจาก Capital Costs ในเทคโนโลยี Gasification จะคิดเป็น 36.15% และในเทคโนโลยี Fermentation คิดเป็น 50.90% จึงทำให้ Capital Costs ของเทคโนโลยี Fermentation มีอัตราส่วนที่สูงกว่าเทคโนโลยี Gasification 1.41 เท่า และในอัตราส่วน Operation Costs จึงมีอัตราส่วนที่ตรงข้ามกันกับ Capital Costs โดยในเทคโนโลยี Gasification จะมี Operation Costs คิดเป็น 63.85 % ซึ่งจะสูงกว่าเทคโนโลยี Fermentation ที่คิดเป็น 49.10% อยู่ 1.30 เท่า ดังนั้นในการประเมินการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล สำหรับประเทศไทยหากมีการคิดคำนวณการลงทุน โดยการใช้รายงานวิจัยที่ได้ศึกษามาก่อนหน้านี้ในการอ้างอิง อาจจะมีค่าสูงหรือต่ำกว่าในการลงทุนจริง ทั้งนี้เนื่องจากรายงานการวิจัยที่ได้ศึกษามาก่อนหน้านี้ เป็นการศึกษางานวิจัยที่มีพื้นที่แตกต่างกับประเทศไทย [Susanjib Sarkar, 2009 (Canada) , Tim Eggeman, 2004 (U.S.A)] ซึ่งทำให้ Invest Cost อาจจะมีค่าแตกต่างกันในเรื่องของ Labor Costs, Machine Cost, Overhead Cost และ Material Costs.

และเมื่อนำอัตราส่วนการลงทุนโดยใช้มูลค่าของ Material Costs มาใช้ในเทียบการประเมินการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลของประเทศไทย ซึ่งได้ทำการคำนวณหามูลค่าการลงทุน Material Costs สำหรับประเทศไทย โดยนำค่าเฉลี่ยราคาชีวมวลของประเทศไทยอ้างอิงจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน แสดงดังในตารางที่ 4.8 คำนวณจากราคาชีวมวลแยกตามชนิดในช่วง Jul, 2009 – Aug, 2011 แสดงในภาคผนวก ก และได้มูลค่าการลงทุน Material Costs ของเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 ราคาชีวมวลเฉลี่ยของประเทศไทยอ้างอิงจาก สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (Jul, 2009 – Aug, 2011)

ชีวมวล	ผลผลิต (Tones)	ปริมาณชีวมวล ที่ได้ (Tones/Y)	Biomass Price (THB/tones)
ชานอ้อย, ยอดและใบ	73,501.00	39,690.54	530.00
แกลบ, ฟางข้าว	29,900.00	42,458.00	1,054.55
ซังข้าวโพด	4,249.00	807.31	570.00
ทะลายปาล์มเปล่า, กาก ใบ, กะลา, ทางใบ, ก้าน	9,264.00	6,577.44	-
ลำต้นและเหง้ามัน สำปะหลัง	25,155.00	553.41	850.00
จี้เถี่ยวและเศษไม้ ยางพารา	3,166.00	1,257.58	942.22
ไม้พิน และเปลือกไม้ยู คาลิปัตส	6,800.00	2,040.00	975.71
เศษไม้จากสวนป่า	6,000.00	600.00	975.71
รวม	158,035.00	93,984.28	

ตารางที่ 4.9 มูลค่าการลงทุน Material Costs ของเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation

ชีวมวล	ผลผลิต (Tones)	ปริมาณชีวมวลที่ได้ (Tones/Y)	Biomass Price (THB/tones)	Material Cost (THB/Y)	
				Gasification	Fermentation
ชานอ้อย, ยอดและใบ	73,501.00	39,690.54	530.00	21,035,986.20	21,035,986.20
แกลบ, ฟางข้าว	29,900.00	42,458.00	1,054.55	44,773,890.91	-
ซังข้าวโพด	4,249.00	807.31	570.00	460,166.70	460,166.70
ทะลายปาล์มเปล่า, กาก ใย, กะลา, ทางใบ, ก้าน	9,264.00	6,577.44	-	-	-
ลำต้นและเหง้ามัน สำปะหลัง	25,155.00	553.41	850.00	-	470,398.50
ขี้เลื่อยและเศษไม้ ยางพารา	3,166.00	1,257.58	942.22	1,184,919.82	1,184,919.82
ไม้พิน และเปลือกไม้ยู กาลิปัตส	6,800.00	2,040.00	975.71	1,990,457.14	1,990,457.14
เศษไม้จากสวนป่า	6,000.00	600.00	975.71	585,428.57	585,428.57
Total				70,030,849.35	25,727,356.94

จากตารางที่ 4.9 จะได้มูลค่าการลงทุนของ Material costs สำหรับปริมาณชีวมวลที่ประเทศไทยสามารถนำมาใช้ในการผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้ โดยมูลค่าการลงทุน Material costs ในเทคโนโลยี Gasification มีค่าเท่ากับ 70.03 ล้านบาท/ปี และ เทคโนโลยี Fermentation มีค่าเท่ากับ 25.73 ล้านบาท/ปี ซึ่งจะเห็นว่า มูลค่าการลงทุน Material costs ของเทคโนโลยี Gasification จะมีค่ามากกว่า เทคโนโลยี Fermentation อยู่ 2.72 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณชีวมวลที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตเป็นเชื้อเพลิง H_2 ด้วยเทคโนโลยี Gasification มีปริมาณมากกว่าเทคโนโลยี Fermentation

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 และราคาเฉลี่ยของชีวมวลที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลในเทคโนโลยี Gasification มีค่าสูงกว่า โดยเฉพาะราคาเฉลี่ยของชีวมวลประเภทข้าว

ดังนั้นในการประเมินมูลค่าการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ด้วยการใช้ Material costs ในการเทียบกับมูลค่าการลงทุนของ Costs ตัวอื่น ซึ่งจะเปรียบเทียบกัน 2 เทคโนโลยี จะได้

1. การวิเคราะห์การลงทุนระบบการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification อ้างอิงจาก Susanjib Sarkar, 2009

จากรายงานการวิจัยของ Susanjib Sarkar, 2009 ซึ่งมีอัตราส่วนของ Material costs ในการลงทุน 9.82% ของมูลค่าการลงทุนทั้งหมด และเมื่อใช้ Material costs มาใช้ในการเทียบหามูลค่าการลงทุนของ Costs อื่น ที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ของประเทศไทยจะดังในตารางที่ 4.10 และแสดงเป็น Net Cash flow diagram ในระยะเวลาการลงทุน 10 ปี ได้ดังในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.10 มูลค่าการลงทุนของ Cost ต่างๆ เมื่อใช้ Material costs เป็นตัวเทียบ ในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ด้วยเทคโนโลยี Gasification อ้างอิงจาก Susanjib Sarkar, 2009

Invest Cost	Average Cost (THB/GJ)	Ratio	Ratio by Harvesting Costs	มูลค่าการลงทุน ($\times 10^6$ THB/Y)
Capital Costs	116.18	36.15%	3.68	257.71
Operation Costs	56.19	17.49%	1.78	124.65
Maintenance Costs	20.84	6.48%	0.66	46.22
Harvesting Costs*	31.57	9.82%	1.00	70.03
Transportation Costs	58.09	18.07%	1.84	128.86
Nutrient replacement	20.20	6.29%	0.64	44.82
Royalty/Premium Costs	15.15	4.72%	0.48	33.61
Ash disposal Costs	3.16	0.98%	0.10	7.00
Total Costs	321.38	100.00%		712.91

หมายเหตุ * Harvesting Costs ใช้ในการเทียบเพื่อหามูลค่าการลงทุนของ Costs ตัวอื่นๆ

ตารางที่ 4.11 (ต่อ) ตารางการประเมินการลงทุนของการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลของไทยด้วยเทคโนโลยี Gasification

Year	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Invest Costs/ Y (x 10 ⁶ THB)											
Revenue/Y											
H2 Selling	823.47	823.47	823.47	823.47	823.47	823.47	823.47	823.47	823.47	823.47	823.47
Benefit/Y		368.27	368.27	368.27	368.27	368.27	368.27	368.27	368.27	368.27	368.27
Net Cash Flow	-257.71	110.56	478.83	847.10	1,215.38	1,583.65	1,951.92	2,320.19	2,688.47	3,056.74	3,425.01
IRR	142.77%										

2. การวิเคราะห์การลงทุนระบบการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี

Fermentation อ้างอิงจาก Tim Eggeman, 2004

จากรายงานการวิจัยของ Tim Eggeman, 2004 ซึ่งมีอัตราส่วนของ Material costs ในการลงทุน 28.24% ของมูลค่าการลงทุนทั้งหมด และเมื่อใช้ Material costs มาใช้ในเทียบหามูลค่าการลงทุนของ Costs อื่น ที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวล สำหรับประเทศไทยจะดังในตารางที่ 4.12 และแสดงเป็น Net Cash flow diagram ในระยะเวลาการลงทุน 10 ปี ได้ดังในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.12 มูลค่าการลงทุนของ Cost ต่างๆ เมื่อใช้ Material costs เป็นตัวเทียบ ในการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวล ด้วยเทคโนโลยี Fermentation อ้างอิงจาก Tim Eggeman, 2004

Invest Cost	Ratio	Ratio by Raw Material Costs	มูลค่าการลงทุน (x 10 ⁶ THB/Y)
Capital cost	50.90%	1.80	46.36
Raw material Cost*	28.24%	1.00	25.73
Utilities Cost	11.29%	0.40	10.28
Other Cost	0.51%	0.02	0.46
Fixed Cost	9.06%	0.32	8.25
Total Costs	100.00%		91.09

หมายเหตุ

* Raw material Cost ใช้ในการเทียบเพื่อหามูลค่าการลงทุนของ Costs ตัวอื่นๆ

ตารางที่ 4.13 ตารางการประเมินการลงทุนของการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลของพืชด้วยเทคโนโลยี Fermentation

กำลังการผลิต H ₂ kg-H ₂ /dry tones biomass	ปริมาณชีวมวลที่ใส่		ปริมาณผลผลิต H ₂ ที่ใส่		ราคาขาย H ₂ THB/GJ	Revenue x 10 ⁶ THB/Y	วันทำงาน Day/Y
	Tones/Y	kg-H ₂ /Y	GJ/Y	GJ/Y			
60.24	44,948.84	2,707,718.12	327,958.82	938.6	307.82	292	

Year	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Invest Costs/ Y (x 10 ⁶ THB)											
Capital cost	46.36										
Raw material Cost	25.73	25.73	25.73	25.73	25.73	25.73	25.73	25.73	25.73	25.73	25.73
Utilities Cost	10.28	10.28	10.28	10.28	10.28	10.28	10.28	10.28	10.28	10.28	10.28
Other Cost	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
Fixed Cost	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25
Total Invest Cost	44.73										

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) ตารางการประเมินการลงทุนของการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลของประเทศไทยด้วยเทคโนโลยี Fermentation

Year	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Invest Costs/ Y (x 10 ⁶ THB)											
Revenue/Y											
H2 Selling	307.82	307.82	307.82	307.82	307.82	307.82	307.82	307.82	307.82	307.82	307.82
Benefit/Y		263.09	263.09	263.09	263.09	263.09	263.09	263.09	263.09	263.09	263.09
Net Cash Flow	-46.36	216.74	479.83	742.92	1,006.02	1,269.11	1,532.21	1,795.30	2,058.40	2,321.49	2,584.58
IRR	567.51%										

จากการประเมินมูลค่าการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลของประเทศไทยด้วยเทคโนโลยี Gasification ที่ได้อ้างอิงการประเมินมูลค่าการลงทุนจาก Susanjib Sarkar, 2009 จะได้ค่า IRR เท่ากับ 142.77% และ ด้วยเทคโนโลยี Fermentation อ้างอิงการประเมินมูลค่าการลงทุนจาก Tim Eggeman, 2004 ได้ค่า IRR เท่ากับ 567.51% ซึ่งจะเห็นว่า การประเมินมูลค่าการลงทุนในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลสำหรับประเทศไทย จะได้ค่า IRR จากเทคโนโลยี Fermentation สูงกว่าเทคโนโลยี Gasification ถึง 3.97 เท่า ผลของความแตกต่างของค่า IRR นี้ มาจาก

1. การประเมินการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลของประเทศไทย ได้มีการใช้ Material costs ในการเทียบเพื่อหามูลค่าการลงทุนของ costs อื่นๆ ทั้งนี้ Material costs ที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation ในประเทศไทย โดยมี ชานอ้อย ชังข้าวโพด ลำต้นและเหง้ำมันสำปะหลัง เป็น Material ในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จะมีราคาเฉลี่ยของ Material ต่ำกว่าเทคโนโลยี Gasification ที่จะใช้ แกลบ ฟางข้าว เศษไม้ ที่จะมีราคา Material สูงกว่า ดังแสดงในตารางที่ 4.9 ดังนั้น เมื่อคิดมูลค่าการลงทุนตลอดระยะเวลาของโครงการจึงทำให้มูลค่าการลงทุนในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation มีค่าน้อยกว่าเทคโนโลยี Gasification

2. การกำหนดราคาขายเชื้อเพลิง H_2 ในรายงานการวิจัยนี้ ได้มีการกำหนดราคาโดยอ้างอิงราคาของน้ำมันเบนซิน เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้มีการตั้งสมมติฐาน ให้มีการนำเอาพลังงานเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้จากผลิตจากชีวมวล นำไปใช้ทดแทนน้ำมันเบนซินในภาคการขนส่ง ซึ่งเมื่อทำการประเมินราคาขายต่อปริมาณเชื้อเพลิง H_2 จะได้ ราคาขายเชื้อเพลิง H_2 มีค่าเท่ากับ 938.60 บาท/GJ จึงทำให้มีรายได้จากการขายเชื้อเพลิง H_2 ที่สูง

และเมื่อนำ Material Cost ไปเทียบเพื่อหามูลค่าการลงทุนของ Costs ต่างๆ ก็ทำให้มูลค่าการลงทุนรวมทั้งหมดในปีแรกของการลงทุนของเทคโนโลยี Fermentation มีมูลค่ารวมทั้งหมดเท่ากับ 91.09 ล้านบาท ในขณะที่ เทคโนโลยี Gasification มีมูลค่าการลงทุนรวมทั้งหมดเท่ากับ 712.91 ล้านบาท แม้รายได้ที่ได้จากการขายเชื้อเพลิง H_2 จากเทคโนโลยี Gasification จะมีค่าเท่ากับ 823.47 ล้านบาท ซึ่งสูงกว่ารายได้ที่ได้จากเทคโนโลยี Fermentation ที่มีค่าเท่ากับ 307.82 ล้านบาท โดยเมื่อนำมูลค่าการลงทุนทั้งหมดมาวิเคราะห์อัตราส่วนของผลได้ต่อต้นทุน B/C ratio (Benefit and Cost Analysis) จะเห็นว่า B/C ratio ของเทคโนโลยี Fermentation สูงกว่า เทคโนโลยี Gasification ดังแสดงในตารางที่ 4.14 และเมื่อนำมาคำนวณประเมินการลงทุนในระยะการทุน 10 ปี จึงทำให้ค่า IRR ของเทคโนโลยี Fermentation มีค่ามากกว่า เทคโนโลยี Gasification

นอกจากนี้การกำหนดราคาขายเชื้อเพลิง H_2 ที่สูงจากการเปรียบเทียบจากราคาน้ำมันเบนซินนั้น แสดงให้เห็นว่า การส่งเสริมให้มีการใช้เชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล จะสามารถทำการลดราคาขายเชื้อเพลิง H_2 ลงได้อีก ทำให้การผลิตเชื้อเพลิง H_2 มีความสามารถในการแข่งขันทางด้าน

การผลิตได้ รัฐบาลจึงสามารถทำการสนับสนุนให้เกิดการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ในเชิงนโยบายโดยไม่ต้องทำการลงทุนไปช่วยเหลือให้เกิดการผลิตเชื้อเพลิงผลิต H_2 ได้

ตารางที่ 4.14 การวิเคราะห์อัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน (Benefit and Costs Analysis Ratio)

	เทคโนโลยี Gasification	เทคโนโลยี Fermentation
Benefit (x 10^6 THB/Y)	368.27	263.09
Total Costs (x 10^6 THB/Y)	712.91	91.09
B/C Ratio	0.52	2.89

4.2.2 การประเมินความคุ้มค่าจากรยะเวลากินทุน (Payback Period)

จากการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วยอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เบื้องต้น (หัวข้อ 4.2.1) ที่ได้ทำการประเมินมูลค่าการลงทุนในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ทั้งจากเทคโนโลยี Gasification และ เทคโนโลยี Fermentation ด้วยการนำเอาข้อมูลของรายงานการวิจัยก่อนหน้านี้มาทำการวิเคราะห์ดังที่ได้แสดงในตารางที่ 4.4 โดยมูลค่าการลงทุนในส่วน of รายได้ที่ได้จากการขายเชื้อเพลิง H_2 มีการกำหนดราคาขาย H_2 ด้วยการเปรียบเทียบกับราคาน้ำมันเบนซินจากการอ้างอิงของ National Institute of Standards and Technology หรือ NIST ประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S.A) ใช้หลักการเทียบ Gasoline gallon equivalent (GGE) หรือ gasoline-equivalent gallon (GEG) พบว่า เมื่อทำการประเมินมูลค่าการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลของประเทศไทย โดยตารางที่ 4.10 - 4.13 ได้แสดง Net Cash Flow Diagram ของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ตามลำดับ ระยะเวลากินทุน 10 ปี จะพบว่า ผลการลงทุนในปีแรกๆของ เทคโนโลยี Gasification มีรายได้สุทธิเท่ากับ 368.27 ล้านบาท/ปี และ เทคโนโลยี Fermentation มีรายได้สุทธิเท่ากับ 263.09 ล้านบาท/ปี โดยได้ค่าที่เป็นบวก แสดงให้เห็นว่าการลงทุนได้ผลกำไรในปีแรก จึงมีระยะเวลาในการกินทุนได้ในปีแรกของการลงทุน แต่การลงทุนด้วยเทคโนโลยี Fermentation จะให้ผลกำไรมากกว่าการลงทุนด้วยเทคโนโลยี Gasification ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในเบื้องต้นในการวิเคราะห์ B/C Ratio

ดังนั้นจะเห็นว่า การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลของประเทศไทย เทคโนโลยี Fermentation มีความเหมาะสมมากกว่า เทคโนโลยี Gasification เพราะมีการลงทุนที่น้อยกว่า แต่ให้ผลตอบแทนการลงทุนที่มากกว่า

4.3 การวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อเปรียบเทียบผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยชีวมวล จากเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation จะเป็นการวิเคราะห์เกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่เกิดกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง H_2 และจะมีผลต่อภาวะโลกร้อน (Global Warming) โดยจากวารสารสิ่งแวดล้อม ปีที่ 2 ฉบับที่ 11 เดือน ตุลาคม- ธันวาคม 2542 รวบรวมจาก นฐปัทม์ จิตพิทักษ์ ได้กล่าวถึง ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีต่อโลก เมื่อปริมาณของก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้น ก็จะถูกดักเก็บและแผ่รังสีความร้อนเอาไว้ในโลกมากขึ้นด้วย ทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Climate Change) หรืออีกนัยหนึ่งคือ ภาวะโลกร้อนหรือปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effects) นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เชื่อว่าภูมิอากาศของโลกมีการเปลี่ยนแปลง แต่จะมีการผันแปรเล็กน้อยเพียงใด ยังไม่สามารถระบุได้แน่ชัด ดังนั้นตาม IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 1990 และ UNFCCC (The United Nations Framework Convention on Climate Change) 1996 ได้ทำนายผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นไว้ดังนี้

1. อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะเพิ่มขึ้นประมาณ $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ภายในปี พ.ศ. 2643 หรือการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในระดับปานกลางโดยอยู่ในช่วงระหว่าง $1.5 - 3.5\text{ }^{\circ}\text{C}$
2. การเปลี่ยนอุณหภูมิในระดับภูมิภาคอาจจะแตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยของโลกมาก แต่ยังไม่สามารถบ่งชี้ได้อย่างแน่นอนว่าแตกต่างอย่างไร
3. ระดับน้ำทะเล คาดหมายว่าจะสูงขึ้นประมาณ $15 - 95\text{ cm}$ โดยค่าประมาณปานกลางที่ 50 cm ภายในปี พ.ศ. 2643 ระดับน้ำทะเลจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ถึงแม้ว่าภูมิอากาศและอุณหภูมิโลก จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีกก็ตาม
4. ผลต่อเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโลกและปริมาณน้ำฝน คือ คาดว่าป่าไม้บางส่วน (ประมาณ 1 ใน 3 ถึง 1 ใน 7 ของโลก) จะมีการเปลี่ยนแปลงของพรรณไม้ที่สำคัญ
5. ประเทศที่กำลังพัฒนาจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพของภูมิอากาศมากกว่าประเทศที่พัฒนาแล้ว ทั้งนี้เนื่องมาจากมีข้อจำกัดในการปรับสภาพให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงนี้

แต่ในปัจจุบันจะเห็นว่าผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการทำนายในเรื่องการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะเห็นผลได้อย่างชัดเจน จากสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละส่วนของโลก ตัวอย่างเช่น การเกิดพายุที่รุนแรงมากขึ้น ซึ่งสร้างความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สินของมนุษย์เอง ดังจะเห็นได้จากการรายงานข่าวที่ทุกคนมองโลก การเกิดพายุไซโคลนนาร์กีสถล่มพม่า ในช่วงเดือน พ.ค. 2551, พายุไซโคลนยาซี ถล่มในประเทศออสเตรเลียเมื่อวันที่ 2 ก.พ. 2554, พายุหิมะถล่มในประเทศสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น ในช่วงเดือน ก.พ. 2554, และการเกิดแผ่นดินไหวรุนแรงและสึนามิในประเทศญี่ปุ่น ในช่วงเดือน มี.ค. 2554 ดังนั้น การตระหนักถึงปัญหาในเรื่องของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงเป็นความจำเป็นที่มนุษย์ต้องมีส่วนร่วมในการแก้ไข ป้องกัน และปกป้องให้เกิดผลกระทบต่อโลกไปในน้อยที่สุด เพื่อเกิดความสมดุลในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งหลายต่อไปได้

รายงานการวิจัยนี้จึงได้ทำการประเมินถึงผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลในแต่ละเทคโนโลยี โดยเน้นผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยมีการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมดังนี้

4.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะเปรียบเทียบปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation คำนวณได้จากวิธีของ IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Revised 1996) ซึ่งจัดทำโดย IPCC (Intergovernmental Panel Climate Change) และใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ตามค่าสัมประสิทธิ์กลาง (Default value) ที่ IPCC กำหนดไว้ โดยการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นจะครอบคลุมก๊าซ CO_2 และ Non- CO_2 ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และนอนมีเทนโวลาทิลออกาณิกคาร์บอน (NMVOC) ดังนั้นการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่ปล่อยจากกระบวนการผลิตเป็น by-products

CO_2 Emission โดยจะสามารถทำการคำนวณหาปริมาณก๊าซ CO_2 ที่ปล่อยออกมาได้จากกระบวนการผลิต ตามสมการดังนี้

$$E_{CO_2} = A * (44/12) * C_{fuel} * OF_{CO_2}$$

เมื่อ	E_{CO_2}	= Emission of CO_2	(tone/yr)
	A	= Activity rate	(tone/yr)
	C	C_{fuel} = Carbon content of fuel	(kg_C/kg_{fuel})
	OF	OF_{CO_2} = Oxidation factor	

นอกจากผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีการปล่อย CO_2 ยังสามารถคำนวณหาก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ Non-carbon dioxide ได้ดังนี้

$$E_{Non-CO_2} = (\text{Carbon released}) \times (\text{Emission ratio}) \times (\text{Molecular Mass})/12$$

จากสมการการหาปริมาณก๊าซ CO_2 ที่ปล่อยออกมาเมื่อค่า A คือ Activity rate หรือกิจกรรมที่ทำให้เกิดก๊าซ CO_2 ในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ซึ่งจากการรวบรวมรายงานการวิจัยที่ได้มีวิเคราะห์ถึงผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม มีผู้ที่เคยทำรายงานการวิจัยในส่วนนี้น้อยมาก โดยปริมาณก๊าซ CO_2 ที่ได้ก็จะแตกต่างกันไป ตามเงื่อนไขหรือขอบเขตงานวิจัยที่ผู้ทำการวิจัยได้กำหนดไว้ ดังนั้น การอ้างอิงรายงานการวิจัยที่เคยได้ทำการศึกษามาก่อนนี้ จึงเลือกรายงานการวิจัยที่ใช้ชีวมวลที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตเป็นเชื้อเพลิง H_2 ในแต่ละเทคโนโลยี ซึ่ง เทคโนโลยี Gasification ก็คือ ไม้ (Wood) และ เทคโนโลยี Fermentation คือ ชานอ้อย (Bagasse)

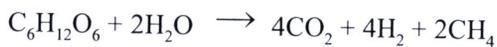
การอ้างอิงรายงานการวิจัยที่เคยได้ทำการศึกษามาก่อนนี้ จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification ได้ใช้การอ้างอิงปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากรายงานการวิจัยของ Kiyoshi Dowaki, 2006 (An economic and energy analysis on bio-hydrogen fuel using a gasification process) ซึ่งได้ทำการศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากไม้ด้วยเทคโนโลยี Gasification และได้ปริมาณของก๊าซ CO_2 และ Non- CO_2 ที่ปล่อยออกมา ในหน่วย (g-Emission gas/kg biomass) จากเงื่อนไข $S/C^1 = 1.40$, Temp = 900 °C และ P = 0.101 MPa ดังแสดงในตารางที่ 4.15

¹ S/C = (Steam/Carbon Ratio)

ตารางที่ 4.15 แสดงปริมาณปล่อยก๊าซ CO₂ และ Non-CO₂ จากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification อ้างอิงจาก Kiyoshi Dowaki, 2006

Emission Gas	Gas yield (mol/kg biomass)	Gas yield (g/kg biomass)
CH ₄	1.80	28.80
CO	13.09	366.52
H ₂	34.39	68.78
CO ₂	10.40	457.60
N ₂	0.17	4.76

และการอ้างอิงรายงานการวิจัยที่เคยได้ทำการศึกษามาก่อนนี้ ของการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation ได้ใช้การอ้างอิงปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ จากรายงานการวิจัยของ Asian Biomass Handbook; The Japan Institute of Energy, 2008 (A Guide for Biomass Production and Utilization) ได้แสดงสมการการย่อยแบบ Anaerobic Fermentation ของการย่อยอินทรีย์สาร ที่ได้ผลิตผลสุดท้ายเป็นก๊าซ H₂ ดังนี้



สมการการย่อยแบบ Anaerobic Fermentation เพื่อใช้ในการผลิตเป็นเชื้อเพลิง H₂ จึงได้ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ และ Non-CO₂ ที่ปล่อยออกมาดังในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 แสดงปริมาณปล่อยก๊าซ CO₂ และ Non-CO₂ จากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation อ้างอิงจาก Asian Biomass Handbook; The Japan Institute of Energy, 2008

Component	Gas yield (g)
C ₆ H ₁₂ O ₆	326.0
2H ₂ O	65.2
4CO ₂	318.76
4H ₂	14.49
2CH ₄	57.96

หมายเหตุ:

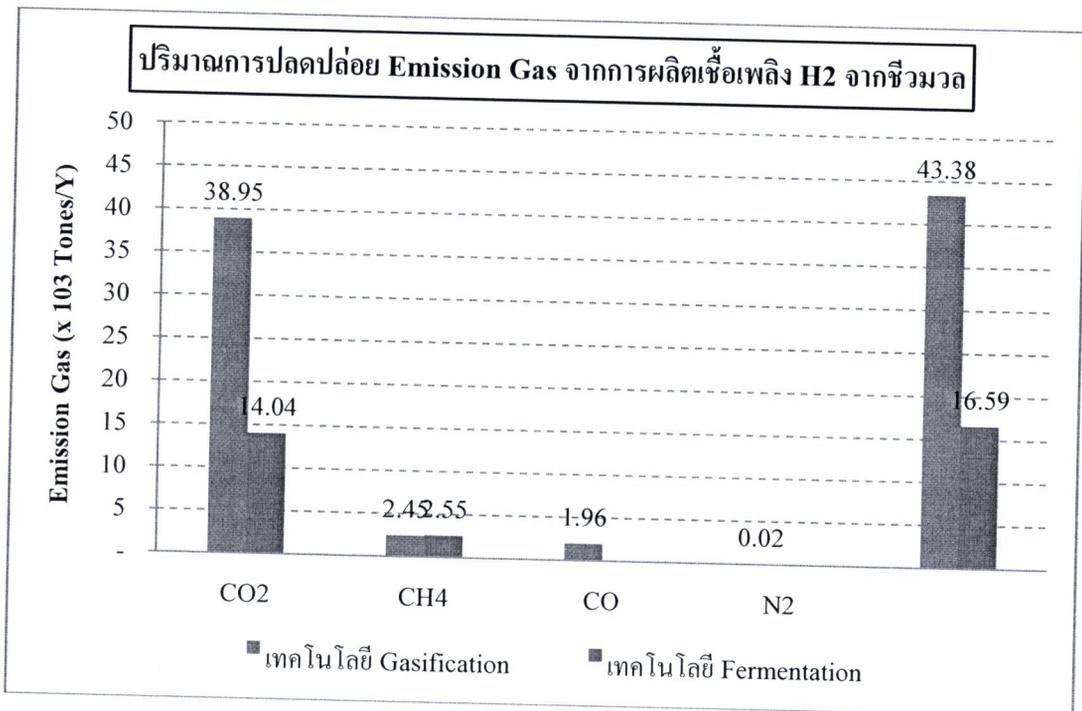
Gabasse 1kg ให้ C₆H₁₂O₆ 326 g

Gas yield (g) คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ และ Non-CO₂ ที่ปล่อยออกมาจากผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation คำนวณปริมาณก๊าซที่ได้จากการดูดซับการเคมีของการย่อยสลายแบบ Anaerobic Fermentation ซึ่งสารตั้งต้นคือ กลูโคส (C₆H₁₂O₆) ที่ได้จากอ้อย (Bagasse) อ้างอิงจาก J. Saucedo-Luna, 2010

และจากการใช้สมการการหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก CO₂ และ Non-CO₂ จะได้ปริมาณก๊าซจากการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification และ เทคโนโลยี Fermentation เมื่อนำเอาผลผลิตชีวมวลของประเทศไทยที่สามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง H₂ ได้ในแต่ละเทคโนโลยีตามที่ได้แสดงในตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.9

ตารางที่ 4.17 ตารางการประเมินปริมาณการปล่อยเรือนกระจก CO₂ และ Non-CO₂ จากการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลของประเทศไทย

Emission Gas	ปริมาณ Emission Gas (x 10 ³ Tones CO ₂ /Y)	
	เทคโนโลยี Gasification	เทคโนโลยี Fermentation
CO ₂	38.95	14.04
CH ₄	2.45	2.55
CO	1.96	-
N ₂	0.02	-
Total	43.38	16.59
ผลผลิตชีวมวล (Tones/Y)	86,853.43	44,948.84



รูปที่ 4.8 การประเมินปริมาณการปล่อย Emission Gas จากการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลของประเทศไทย

จากรูปที่ 4.9 แสดงผลจากการประเมินปริมาณการปล่อย Emission Gas จากการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลของประเทศไทย เปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้ คือ

1. การผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ด้วยเทคโนโลยี Gasification จะมีการปล่อย Emission Gas ออกมา 4 ชนิดด้วยกัน เรียงปริมาณการปล่อยก๊าซ จากมากที่สุดไปน้อยที่สุด คือ $CO_2 = 38.95$ พันตัน- CO_2 /ปี, $CH_4 = 2.45$ พันตัน- CO_2 /ปี, $CO = 1.96$ พันตัน- CO_2 /ปี, $N_2 = 0.020$ พันตัน- CO_2 /ปี และ Emission Gas ที่ได้จากการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ด้วยเทคโนโลยี Fermentation มี 2 ชนิด เรียงตามปริมาณการปล่อยก๊าซจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด คือ $CO_2 = 14.04$ พันตัน- CO_2 /ปี และ $CH_4 = 2.55$ พันตัน- CO_2 /ปี ตามลำดับ

2. ปริมาณการปล่อย Emission Gas ในหน่วย (พันตัน- CO_2 /ปี) ของเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation จะมีการปล่อย Emission Gas ที่เป็นก๊าซ CO_2 มากที่สุด รองลงมาจะเป็น CH_4

ดังนั้น ปริมาณการปล่อย Emission Gas รวมของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ด้วยเทคโนโลยี Gasification = 43.38 พันตัน- CO_2 /ปี จะมีปริมาณการปล่อยมากกว่าเทคโนโลยี Fermentation = 16.59 พันตัน- CO_2 /ปี ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณชีวมวลที่นำมาใช้ในการผลิตเป็นเชื้อเพลิง H_2 ของเทคโนโลยี Gasification (86,853,430 Tones/Y) ที่มีมากกว่า เทคโนโลยี Fermentation (44,948.84 Tones/Y) ตามที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 1 และเมื่อนำเอาปริมาณของ Emission Gas ที่ปล่อยออกมา มาคิดเป็นมูลค่าของผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม (Externality Cost) จะสามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Externality Cost} = \text{Size of insult} \times \text{VED}$$

เมื่อ

Externality Cost คือ Total external cost to society, \$

Size of insult คือ kg emitted, hectares degraded etc.

VED คือ Value of Environment Damage in \$/kg, \$/hr

โดยค่า VED นั้น เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลการอ้างอิงสำหรับประเทศไทย จึงได้ใช้ข้อมูลการอ้างอิงจากสหรัฐอเมริกา ของ New Jersey Board of Public Utilities, Office of Clean Energy, December 8, 2004 ซึ่งเป็นการคิดค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยของสหรัฐอเมริกาที่ได้จาก Massachusetts Externality Adders, 2003 และ New York Externality Adders, 2003 ดังแสดงในตารางที่ 4.18

แต่เนื่องจากค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่อ้างอิงมาจากข้อมูลของสหรัฐอเมริกาปี 2003 การนำปรับใช้กับประเทศไทย จึงจำเป็นต้องมีการพิจารณาความสามารถในการจ่ายค่าเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม (Willingness to Pay, WTP) ของประเทศไทย โดยจะเปลี่ยนให้เป็นค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ใช้ค่า GDP PPP ของสหรัฐอเมริกาและประเทศไทยที่คำนวณไว้ในปีล่าสุดจาก World Economic Outlook (WEO) data, IMF 2009) ดังนี้

$$WTP_{Thailand} = WTP_{US} \times \frac{PERCAP - GDP(PPP)_{Thailand}}{PERCAP - GDP(PPP)_{US}}$$

กำหนดให้

PERCAP-GDP (PPP) คือ มูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product Per Capita at Purchasing Power Parities)

WTP (Willingness to Pay) คือ ค่าความสามารถในการจ่ายค่าเสียหาย หรือ คือค่า VED

ตารางที่ 4.18 ตารางค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยของสหรัฐอเมริกาปี 2003

Pollution	Massachusetts Externality Adder (2003 \$/ton)	New York Externality Adder (2003 \$/ton)	Avg (2003 \$/ton) WTP us (Willingness to Pay)
NO _x	9,620.00	8,546.00	9,083.00
SO ₂	2,220.00	1,791.00	2,005.50
VOC	7,844.00	5,764.00	6,804.00
Total Suspended Particle: TSP	5,920.00	N/A	5,920.00
CO	1,288.00	1,130.00	1,209.00
CO ₂	33.00	554.00	293.50
CH ₄	326.00	N/A	326.00
N ₂ O	5,861.00	N/A	5,861.00
GDP PPP USA 2009	45,934.47 \$/Person		
GDP PPP Thailand 2009	8,050.87 \$/Person		
1 \$ = 30.59 THB (May 2011, National Bank, Thailand)			

ที่มา GDP PPP, 2009: World Economic Outlook (WEO) data, IMF 2009,

<http://www.econstats.com/weo/V011.htm>

โดยในปี 2009 ค่า GDP-PPP per capita ของสหรัฐอเมริกา เท่ากับ 45,934.47 \$/Person และค่า GDP-PPP per capita ของไทยเท่ากับ 8,050.87 \$/Person จึงสามารถหาค่า VED สำหรับประเทศไทยได้ดังในตารางที่ 4.19 สำหรับการคำนวณหาค่า WTP สำหรับประเทศไทยจะแสดงในภาคผนวก ง

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของไทย (Willingness to Pay for Thailand in GDP PP 2009)

Pollution	Avg (2003 \$/ton) WTP us (Willingness to Pay)	WTP (THB/kg)
NO _x	9,083.00	486.98
SO ₂	2,005.50	107.52
VOC	6,804.00	364.79
Total Suspended Particle: TSP	5,920.00	317.40
CO	1,209.00	64.82
CO ₂	293.50	15.74
CH ₄	326.00	17.48
N ₂ O	5,861.00	314.23

และจากค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของไทย (WTP) นำมาคิดค่า Externality Cost ในการประเมินการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลของไทยเปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ได้ดังตารางที่ 4.20 โดยจะเห็นว่า Externality Cost ของการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวล ด้วยเทคโนโลยี Gasification มีค่าเท่ากับ 783.02 ล้านบาท/ปี และมีค่ามากกว่า ค่า Externality Cost ที่ได้จากเทคโนโลยี Fermentation มีค่าเท่ากับ 265.57 ล้านบาท/ปี เนื่องจากการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification จะมีปริมาณการปล่อย Emission Gas CO₂, CO และ CH₄ ที่มากกว่า การผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation จึงส่งผลให้เมื่อมีการคิดมูลค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่สูงตามไปด้วย

ตารางที่ 4.20 การประเมินค่า Externality Cost จากการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลของประเทศไทย เปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยี Gasification และเทคโนโลยี Fermentation

Pollution	VED (THB/ton)	Gasification เทคโนโลยี		Fermentation เทคโนโลยี	
		Pollution (x 10 ³ Tones/Y)	Externality Cost (x 10 ⁶ THB/Y)	Pollution (x 10 ³ Tones/Y)	Externality Cost (x 10 ⁶ THB/Y)
NO _x	486,979.55	-	-	-	-
SO ₂	107,523.67	-	-	-	-
VOC	364,792.34	-	-	-	-
Total Suspended Particle: TSP	317,397.22	-	-	-	-
CO	64,819.80	1.96	127.27	-	-
CO ₂	15,735.82	38.95	612.90	14.04	220.95
CH ₄	17,478.29	2.45	42.85	2.55	44.62
N ₂ O	314,233.97	-	-	-	-
		Total	783.02		265.57

4.3.2 การวิเคราะห์ผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน (Global Warming)

จากการวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ด้วยเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ที่ได้มีการประเมินถึงการปล่อย Emission gas ในหัวข้อที่ 4.3.1 ไปแล้ว การวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมอีกด้านหนึ่ง คือการวิเคราะห์ผลกระทบของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลในแต่ละเทคโนโลยีที่มีต่อภาวะโลกร้อน หรือเป็นการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก GHG (Green House Gas) ด้วยวิธีการประเมิน GWP (Global Warming Potential) คือ ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน แยกตามก๊าซเรือนกระจกชนิดต่างๆ โดยค่านี้เทียบกับ CO_2 ซึ่งให้ค่าเท่ากับ 1 และมีสมการดังต่อไปนี้

$$GWP (\text{Impact score}) = \text{Characterization factor} \times \text{Inventory value}$$

โดย

Characterization factor คือ ค่าของผลกระทบในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ของก๊าซเรือนกระจกเทียบกับ CO_2 แสดงดังตารางที่ 4.21

Inventory value คือ ปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากกิจกรรม

สำหรับการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยกระบวนการ Gasification และ Fermentation จะทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกที่มีผลต่อการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนที่สำคัญอยู่ 2 ชนิด คือ CO_2 และ CH_4 โดยเมื่อคิดค่า GWP ที่ได้จากการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตเป็นเชื้อเพลิง H_2 ได้สำหรับประเทศไทยในแต่ละเทคโนโลยีเมื่อคิดผลกระทบการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในช่วงเวลา 20 ปี จะได้ผลดังตารางที่ 4.22 และ 4.23 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.21 ค่าของผลกระทบในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ของก๊าซเรือนกระจกเทียบกับ CO₂

Gas name	Chemical formula	Lifetime (years)	Global warming potential (GWP) for given time horizon		
			20-yr	100-yr	500-yr
Carbon dioxide	CO ₂	variable	1	1	1
Methane	CH ₄	12	72	25	8
Nitrous oxide	N ₂ O	114	289	298	153
CFC-12	CCl ₂ F ₂	100	11,000	10,900	5,200
HCFC-22	CHClF ₂	12	5,160	1,810	549
Tetrafluoromethane	CF ₄	50,000	5,210	7,390	11,200
Hexafluoroethane	C ₂ F ₆	10,000	8,630	12,200	18,200
Sulphur hexafluoride	SF ₆	3,200	16,300	22,800	32,600
Nitrogen trifluoride	NF ₃	740	12,300	17,200	20,700

ที่มา: Climate Change 1995, The Science of Climate Change: Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I Report, page 22.

ตารางที่ 4.22 ค่า GWP จากของการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification เมื่อมีปริมาณชีวมวลที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง H₂ ได้ 86,853.43 Tones/Y

Emission Gas	Gas yield (mol/kg biomass)	Gas yield (g/kg biomass)	GWP (20 Y)	
			kg-CO ₂ / kg-Biomass	Tones-CO ₂ /Y
CO ₂	10.40	457.60	0.46	39,744.13
CH ₄	1.80	28.80	2.07	180,099.27
CO	13.09	366.52	-	-
H ₂	34.39	68.78	-	-
N ₂	0.17	4.76	-	-
Total			2.53	219.84

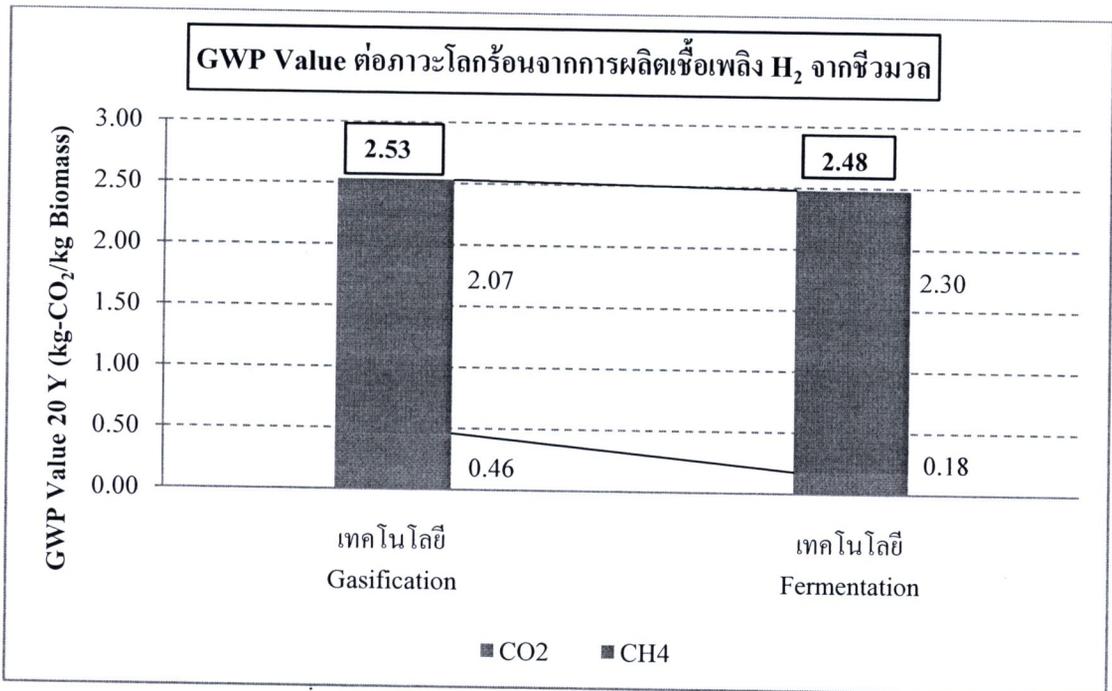
ตารางที่ 4.23 ค่า GWP จากของการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation เมื่อมีปริมาณชีวมวลที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง H₂ ได้ 44,948.84 Tones/Y

Component	Gas yield (g/kg biomass)	GWP (20 Y)	
		kg-CO ₂ / kg-Biomass	Tones-CO ₂ /Y
CO ₂	318.76	0.18	7.91
CH ₄	57.96	2.30	103.56
H ₂ O	65.2	-	-
H ₂	14.49	-	-
C ₆ H ₁₂ O ₆	326.0	-	-
Total		2.48	111.47

จากตารางที่ 4.22 และ 4.23 เป็นการเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลที่ผลต่อภาวะโลกร้อนในระยะเวลา 20 ปี จะได้ว่า

1. ค่า GWP ในระยะเวลา 20 ปี เมื่อคิดในหน่วยของผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนเทียบกับปริมาณชีวมวล 1 kg ($kg-CO_2/kg-Biomass$) ค่า GWP ที่ได้จากก๊าซ CO_2 จากการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification มีค่าเท่ากับ $0.46 kg-CO_2/kg-Biomass$ สูงกว่า เทคโนโลยี Fermentation $0.18 kg-CO_2 /kg-Biomass$ คิดเป็น 2.6 เท่า เนื่องจากในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification เป็นกระบวนการที่มีการเผาไหม้ จึงทำให้มีการปล่อยก๊าซ CO_2 ($457.60 g/ kg-Biomass$) ออกมามากกว่า เทคโนโลยี Fermentation ($176 g/kg-Biomass$) ที่จะได้ก๊าซ CO_2 ออกมาจากการเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายของตัวย่อยสลายในกระบวนการ Fermentation ในขณะที่ค่า GWP ที่ได้จากก๊าซ CH_4 จากการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation มีค่าเท่ากับ $2.30 kg-CO_2/kg-Biomass$ สูงกว่าเทคโนโลยี Gasification $2.07 kg-CO_2/kg-Biomass$ คิดเป็น 1.1 เท่า เนื่องจากในเทคโนโลยี Fermentation จะมีการปล่อยก๊าซ CH_4 ($32.00 g/kg-Biomass$) สูงกว่าในเทคโนโลยี Gasification ($28.80 g/ kg-Biomass$) แต่เมื่อรวมค่า GWP ที่ได้จากก๊าซ CO_2 และ CH_4 จะได้ค่า GWP รวมของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification จะมีค่าเท่ากับ $2.53 kg-CO_2/kg-Biomass$ ซึ่งเมื่อเทียบกับค่า GWP รวมที่ได้จากเทคโนโลยี Fermentation ที่มีค่าเท่ากับ $2.48 kg-CO_2 /kg-Biomass$ โดยถือว่า มีความแตกต่างกันเล็กน้อยหรือเทียบเท่ากันได้เมื่อคิดค่า GWP รวมของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลในหน่วย GWP $kg-CO_2$ ที่เทียบกับชีวมวลที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 $kg-biomass$ ($kg-CO_2/kg-Biomass$) และจากเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลทั้ง 2 เทคโนโลยีจะมีการปล่อยก๊าซที่มีผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน 2 ชนิด คือ CO_2 และ CH_4 ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนในระยะเวลา 20 ปี ก๊าซ CH_4 แม้จะมีปริมาณน้อยแต่มีผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนมากกว่าก๊าซ CO_2 ถึง 72 เท่า ดังนั้น จึงทำให้ก๊าซ CH_4 ที่ได้จากการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากเทคโนโลยี Fermentation แม้จะมีปริมาณที่ปล่อยออกมามากกว่าเทคโนโลยี Gasification เพียงเล็กน้อย แต่เมื่อคิดเป็นค่า GWP รวม ก็จะได้ค่าที่ไม่แตกต่างกันมาก ระหว่าง 2 เทคโนโลยี แสดงดังในรูปที่ 4.10

2. เมื่อคิดว่า GWP ในระยะเวลา 20 ปี จากการประเมินจากผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ตามปริมาณชีวมวลที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ได้ในหน่วยของ Tones/Y จะได้ว่า ค่า GWP รวมของจากการผลิตเชื้อเพลิง 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 ตามที่ได้กล่าวไปแล้วเบื้องต้น



รูปที่ 4.9 GWP Value ต่อภาวะโลกร้อนจากผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลระยะเวลา 20 ปี ในหน่วย kg-CO₂/kg Biomass

4.4 การจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process : AHP)

การวิเคราะห์ส่วนสุดท้ายของรายงานการวิจัยนี้ คือ การจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ในการประเมิน เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลสำหรับประเทศไทย จากที่ได้กล่าวไปแล้วในเบื้องต้นว่า การจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ เป็นเทคนิคหนึ่งที่มีประสิทธิภาพและนำมาใช้ช่วยในการตัดสินใจหาเลือกทางที่มีความซับซ้อนและยุ่งยาก และเป็นเทคนิคกระบวนการตัดสินใจที่มีความชัดเจน ตั้งแต่วัตถุประสงค์ หลักเกณฑ์หลัก หลักเกณฑ์รอง ตลอดจนทางเลือกที่มีอยู่ ค่าถ่วงน้ำหนักคำนวณจากผลรวมของหลักเกณฑ์ของเมตริกซ์ที่สร้างขึ้นจากการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์ที่ละคู่ก่อนที่จะนำไปคำนวณค่าคะแนนความเหมาะสมของแต่ละทางเลือกต่อไป เพื่อให้ได้ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดตามความต้องการหรือวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้

สำหรับการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ของการประเมินเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลของประเทศไทย ได้มีการตั้งวัตถุประสงค์ หลักเกณฑ์หลัก หลักเกณฑ์รอง และเทคโนโลยีที่ใช้ในการเลือกผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลสำหรับประเทศไทย ดังแสดงในตารางที่ 4.24 ซึ่งในแต่ละระดับชั้นได้พิจารณาเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์ต่างๆในระดับชั้นเดียวกัน โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบเกณฑ์ หรือทางเลือกหลักเกณฑ์เป็นคู่ (Pairwise Comparison) จากปัจจัยที่มีผลกระทบ

ต่อเกณฑ์การตัดสินใจในแต่ละระดับชั้นโครงสร้างโดยใช้วิธี Principle of Hierarchy Composition โดยในการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ของการประเมินเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลของประเทศไทยได้มีการให้คะแนนระดับความสำคัญ แสดงในตารางที่ 4.25

นอกจากการให้คะแนนเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์ต่างๆในระดับชั้นเดียวกันหรือทางเลือกหลักเกณฑ์เป็นคู่ จะต้องมีการคำนวณความสอดคล้องกันของเหตุผลการให้คะแนนในการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์ที่ละคู่ ของหลักเกณฑ์ทั้งหมดที่ถูกกำหนด เพื่อตรวจสอบว่ามีหลักเกณฑ์ใดหลักเกณฑ์หนึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับ 0 – 1 แล้วจะมีผลทำให้ลำดับความสำคัญของทางเลือกเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ซึ่งตัวชี้วัดที่ใช้ในการวัดความสอดคล้องของการให้เหตุผลการให้คะแนน คือ ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Index: CR) คิดได้ดังสมการต่อไปนี้

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad , \quad \text{ค่า } CR < 0.1 \quad \text{จะยอมรับ}$$

เมื่อ CI คือ (Consistency Index) ดัชนีความสอดคล้อง

RI คือ (Random Consistency Index) ค่าที่ได้มาจากการทดลองโดยการสุ่มตัวอย่าง จากตารางเมตริกซ์จำนวน 64,000 ตัวอย่างอ้างอิงจากการสุ่มตัวอย่าง (วิฑูรย์ ดันศิริลงคล, 2542 อ้างถึง Saaty, 1980) แสดงในตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.24 วัตถุประสงค์ หลักเกณฑ์หลัก หลักเกณฑ์รอง และทางเลือก เพื่อใช้ในการลำดับเชิงวิเคราะห์ในการเลือกเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลสำหรับประเทศไทย

Level 1 (วัตถุประสงค์)	Level 2 (หลักเกณฑ์หลัก)	Level 3 (หลักเกณฑ์รอง)	Alternatives (ทางเลือก)
เทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลสำหรับประเทศไทย	การวิเคราะห์ด้านปริมาณ ผลผลิตเชื้อเพลิง H_2	ปริมาณเชื้อเพลิง H_2 ที่ผลิตได้	Gasification
			Fermentation
		แหล่งชีวมวลที่ใช้นำมา ผลิตเชื้อเพลิง H_2	Gasification
			Fermentation
		ศักยภาพของเทคโนโลยี การผลิตเชื้อเพลิง H_2	Gasification
			Fermentation
	การวิเคราะห์ด้าน เศรษฐศาสตร์	ระยะเวลาในการคืนทุน (Payback period)	Gasification
			Fermentation
		อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	Gasification
			Fermentation
	การวิเคราะห์ทางด้าน สิ่งแวดล้อม	Emission GHG	Gasification
			Fermentation
GWP Value		Gasification	
		Fermentation	



ตารางที่ 4.25 แสดงคะแนนระดับความสำคัญในการเปรียบเทียบเกณฑ์ หรือทางเลือกหลักเกณฑ์ เป็นคู่ (Pairwise Comparison)

ระดับความสำคัญ หรือความชอบ (Preference Level)	ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical Value)
เท่ากัน (Equally Preferred)	1
ปานกลาง (Moderately Preferred)	2
มากที่สุด (Extremely Preferred)	3

ตารางที่ 4.26 ค่า RI จากการสุ่มตัวอย่าง (วิฑูรย์ ตันศิริคงคล, 2542 อ้างถึง Saaty, 1980)

ขนาดของตารางเมตริกซ์ (N)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ค่า RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.32	1.41	1.46	1.49

สำหรับสมการที่ใช้ในการหาค่าน้ำหนักของแต่ละหลักเกณฑ์นั้นเกิดจากการนำเอาค่าคะแนนที่ใช้ในการเปรียบเทียบของหลักเกณฑ์ที่ละคู่มาคำนวณ โดยผลรวมของน้ำหนักคะแนนจะมีค่าเท่ากับ 1 ดังสมการที่

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

และ $\sum W_i = 1.0$

เมื่อ $W_i =$ น้ำหนักคะแนนของแต่ละหลักเกณฑ์

$V_i =$ ค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิต

$n =$ จำนวนตัวเลขที่นำมาหาค่าเฉลี่ย

ดังนั้น จากสมการหาค่าน้ำหนัก และการหาอัตราส่วนความสอดคล้องของแต่ละหลักเกณฑ์ สามารถนำไปใช้ในการหาค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์หลักและหลักเกณฑ์รอง ได้ดังต่อไปนี้

1.การคำนวณหาค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์หลัก (Level 2)

การหาค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์หลัก (Level 2) ที่ใช้ในการประเมินเทคโนโลยีการผลิต เชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ได้แบ่งออกเป็น 3 หลักเกณฑ์ด้วยกัน คือ

1. การวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2
2. การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์
3. การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม

โดยในตารางที่ 4.27 เป็นตารางการเปรียบเทียบการให้ค่าระดับคะแนนที่มีการเปรียบเทียบ หลักเกณฑ์หลักทีละคู่ ซึ่งจะเห็นว่า

- การเปรียบเทียบหลักเกณฑ์หลักในด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 กับหลักเกณฑ์ หลักการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์จะมีค่าน้ำหนักเท่ากัน ดังนั้นจึงมีค่าเท่ากับ 1 เนื่องจากในการ ผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ต้องการปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ให้มีค่ามากที่สุด ในขณะที่การ ลงทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ก็ต้องมีการลงทุนน้อยที่สุดด้วย ดังนั้นค่าน้ำหนักคะแนนของทั้งสอง หลักเกณฑ์จึงให้ค่าน้ำหนักความสำคัญที่เท่ากัน

- การเปรียบเทียบหลักเกณฑ์หลักในด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 กับหลักเกณฑ์ หลักการวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อม มีค่าเท่ากับ $3/2$ เนื่องจาก เมื่อเปรียบเทียบผลกระทบทางด้าน สิ่งแวดล้อมในผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ซึ่งเป็นการผลิตเชื้อเพลิงทดแทนที่ส่งผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการใช้แหล่งผลิตชนิดอื่น ๆ เช่น ถ่านหิน, ก๊าซธรรมชาติ ที่จะทำให้เกิดผล กระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมมากกว่าการใช้ชีวมวล จึงทำให้ค่าน้ำหนักในด้านความต้องการปริมาณ เชื้อเพลิง H_2 มีค่ามากกว่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้น

- การเปรียบเทียบหลักเกณฑ์หลักการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์กับหลักเกณฑ์หลักการ วิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อม มีค่าเท่ากับ $3/2$ เนื่องจากดังที่ได้กล่าวมาแล้วถึงผลกระทบทางด้าน สิ่งแวดล้อมในผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลจะมีผลต่อการทำลายสิ่งแวดล้อมน้อย แต่ในการผลิต เชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ยังใหม่และมีการพัฒนาที่น้อยสำหรับประเทศไทย ดังนั้นในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์จึงต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าในการลงทุน ค่าน้ำหนัก ความสำคัญของหลักเกณฑ์หลักการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์จึงมีค่ามากกว่าหลักเกณฑ์หลักการ วิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 4.27 การคำนวณหาค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์หลัก (Level 2)

หลักเกณฑ์	การวิเคราะห์ ด้านปริมาณ ผลผลิต เชื้อเพลิง H ₂	การวิเคราะห์ ด้าน เศรษฐศาสตร์	การวิเคราะห์ ทางด้าน สิ่งแวดล้อม	Relative Weigh
การวิเคราะห์ด้านปริมาณ ผลผลิตเชื้อเพลิง H ₂	1	1	3/2	0.375
การวิเคราะห์ด้าน เศรษฐศาสตร์	1	1	3/2	0.375
การวิเคราะห์ทางด้าน สิ่งแวดล้อม	2/3	2/3	1	0.250
ผลรวมแนวตั้ง	2.67	2.67	4.00	1.000

Consistency Index (CI) = 0.00

Consistency Ratio (CR=CI/RI) = 0.00

และจากตารางที่ 4.27 จะทำให้สามารถคำนวณค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์หลักได้ดังนี้

- การวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H₂ = 0.375

- การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ = 0.375

- การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม = 0.25

นอกจากนี้จะเห็นว่า ค่าอัตราส่วนความสอดคล้องของการให้คะแนน CR ของการให้ค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์หลักมีค่า CR = 0 แสดงว่า การให้ค่าน้ำหนักในหลักเกณฑ์หลักของการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวล มีความสอดคล้องที่ยอมรับได้ในการให้เหตุผลเปรียบเทียบสำหรับการให้คะแนน

2. การคำนวณหาค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์รอง (Level 3)

2.1 การให้ค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์รอง ของหลักเกณฑ์หลักการวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2

การให้ค่าน้ำหนักหลักเกณฑ์รอง ของหลักเกณฑ์หลักด้านการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 มีด้วยกัน 3 หลักเกณฑ์รอง คือ

1. ปริมาณเชื้อเพลิง H_2 ที่ผลิตได้
2. แหล่งชีวมวลที่ใช้นามาผลิตเชื้อเพลิง H_2
3. ศักยภาพของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2

โดยในตารางที่ 4.28 เป็นตารางการเปรียบเทียบการให้ค่าระดับคะแนนที่มีการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์รองที่ละคู่ ซึ่งจะเห็นว่า

- การเปรียบเทียบหลักเกณฑ์รองในด้านปริมาณเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้กับหลักเกณฑ์รองของแหล่งชีวมวลที่ใช้นามาผลิตเชื้อเพลิง H_2 และหลักเกณฑ์รองศักยภาพของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 มีค่าเท่ากับ 3/2 เท่ากัน เนื่องจากในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล มีความต้องการปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ที่มากที่สุด โดยแหล่งชีวมวลที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 สำหรับประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศที่เน้นการทำเกษตรกรรม จึงมีผลผลิตของชีวมวลที่จะสามารถนำมาใช้ในการผลิตเป็นเชื้อเพลิง H_2 ได้ปริมาณมาก ดังที่ได้แสดงปริมาณชีวมวลที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตเป็นเชื้อเพลิง H_2 ไปแล้วในบทที่ 1 ส่วนด้านศักยภาพของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จะเห็นว่าในปัจจุบันรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ในประเทศไทยของเรายังมีน้อย ดังจะเห็นได้จากในรายงานการวิจัยนี้ที่ได้มีการรวบรวมข้อมูลรายงานการวิจัยก่อนหน้านี้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล (หัวข้อที่ 4.1 ตารางที่ 4.1) จะเห็นว่า รายงานการวิจัยก่อนหน้าเป็นรายงานการวิจัยที่อยู่ในต่างประเทศทั้งหมด แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลของประเทศไทย ยังมีการพัฒนาที่น้อย แต่ยังสามารถทำการวิจัยพัฒนาต่อเนื่องไปในอนาคตได้ ดังนั้นค่าน้ำหนักความสำคัญคะแนนที่ให้กับหลักเกณฑ์ของปริมาณเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้จึงมากกว่าหลักเกณฑ์รองอีก 2 หลักเกณฑ์

- การเปรียบเทียบหลักเกณฑ์รองในด้านแหล่งชีวมวลที่ใช้นามาผลิตเชื้อเพลิง H_2 กับหลักเกณฑ์รองศักยภาพของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 มีค่าเท่ากับ 1 ทั้งนี้ดังที่ได้กล่าวไปแล้วเบื้องต้นว่า แหล่งชีวมวลที่ใช้นามาผลิตเชื้อเพลิง H_2 ของประเทศไทยค่อนข้างที่จะหาได้ง่ายและมีปริมาณมาก ตามศักยภาพของประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่เน้นการทำเกษตรกรรม แต่ศักยภาพของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ยังคงต้องมีการสนับสนุนเพื่อทำการวิจัยและพัฒนาต่อไป เพื่อเป็นการส่งเสริมในการหาแหล่งพลังงานทดแทนให้กับพลังงานที่ผลิตได้จากแหล่ง

พลังงานที่ใช้แล้วกำลังจะหมดไป เช่น ถ่านหิน น้ำมัน หรือก๊าซธรรมชาติ ดังนั้นการให้ค่าน้ำหนัก ความสำคัญของหลักเกณฑ์ 2 หลักเกณฑ์นี้จึงมีค่าเท่ากัน

ตารางที่ 4.28 การคำนวณหาค่าน้ำหนักของหลักกรอง ของหลักเกณฑ์หลักการวิเคราะห์ด้านปริมาณ ผลผลิตเชื้อเพลิง H_2

การวิเคราะห์ด้านปริมาณ ผลผลิตเชื้อเพลิง H_2	ปริมาณ เชื้อเพลิง H_2 ที่ ได้	แหล่งชีวมวลที่ ใช้นำมาผลิต เชื้อเพลิง H_2	ศักยภาพของ เทคโนโลยี การผลิต เชื้อเพลิง H_2	Relative Weigh
ปริมาณเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้	1	3/2	3/2	0.43
แหล่งชีวมวลที่นำมา ผลิตเชื้อเพลิง H_2	2/3	1	1	0.285
ศักยภาพของเทคโนโลยี การผลิตเชื้อเพลิง H_2	2/3	1	1	0.285
ผลรวมแนวตั้ง	2.33	3.50	3.50	1.000

Consistency Index (CI) = 0.00

Consistency Ratio (CR=CI/RI) = 0.00

และจากตารางที่ 4.28 สามารถคำนวณค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์รองได้ดังนี้

- ปริมาณเชื้อเพลิง H_2 ที่ผลิตได้ = 0.43
- แหล่งชีวมวลที่นำมาผลิตเชื้อเพลิง H_2 = 0.285
- ศักยภาพของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 = 0.285

สำหรับการวัดค่า CR ของการให้ค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์รองในด้านการวิเคราะห์ปริมาณ ผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ก็มีค่า CR = 0 แสดงว่า การให้ค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์รองในด้านการ วิเคราะห์ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 มีความสอดคล้องที่ยอมรับได้ในกรณีให้เหตุผลเปรียบเทียบ สำหรับการให้คะแนน

2.2 การให้ค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์รอง ของหลักเกณฑ์หลักการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

การให้ค่าน้ำหนักหลักเกณฑ์รอง ของหลักเกณฑ์หลักด้านการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ มีด้วยกัน 2 หลักเกณฑ์รอง คือ

1. ระยะเวลาในการคืนทุน (Payback period)
2. อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)

โดยในตารางที่ 4.29 เป็นตารางการเปรียบเทียบการให้ค่าระดับคะแนนที่มีการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์รองที่ละคู่ ซึ่งจะเห็นว่า

-การเปรียบเทียบหลักเกณฑ์รองในหลักเกณฑ์หลักด้านวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของหลักเกณฑ์รอง ระยะเวลาในการคืนทุน กับ อัตราผลตอบแทนภายใน มีค่าเท่ากับ 1 เนื่องจากในการวัดความคุ้มค่าของการลงทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์นี้ มีต้องการให้ได้ระยะเวลาในการคืนทุนที่น้อย และมีอัตราผลตอบแทนภายในที่มาก จึงให้มีค่าน้ำหนักความสำคัญของคะแนนเท่ากันของ 2 หลักเกณฑ์รองนี้

ตารางที่ 4.29 การคำนวณหาค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์รอง ของหลักเกณฑ์การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์	ระยะเวลาในการคืนทุน (Payback period)	อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	Relative Weigh
ระยะเวลาในการคืนทุน (Payback period)	1	1	0.50
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	1	1	0.50
ผลรวมแนวตั้ง	2.00	2.00	1.00

Consistency Index (CI) = 0.00

Consistency Ratio (CR=CI/RI) = 0.00

และจากตารางที่ 4.29 สามารถคำนวณค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์รองได้ดังนี้

- ระยะเวลาในการคืนทุน (Payback period) = 0.50
- อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) = 0.50

สำหรับการวัดค่า CR ของหลักเกณฑ์รอง ของหลักเกณฑ์หลักด้านการวิเคราะห์ เศรษฐศาสตร์ มีค่า CR = 0 แสดงว่า การให้ค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์รองในด้านเศรษฐศาสตร์ มีความสอดคล้องที่ยอมรับได้ในการให้เหตุผลเปรียบเทียบสำหรับการให้คะแนน

2.3 การให้ค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์รอง ของหลักเกณฑ์หลักการวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม การให้ค่าน้ำหนักหลักเกณฑ์รอง ของหลักเกณฑ์หลักการวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม มีด้วยกัน 2 หลักเกณฑ์รอง คือ

1. Emission GHG คือ การประเมินการปล่อย GHG gas จากการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวล

2. GWP Value คือ การประเมินผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนจากการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวล

โดยในตารางที่ 4.30 เป็นตารางการเปรียบเทียบการให้ค่าระดับคะแนนที่มีการเปรียบเทียบ หลักเกณฑ์รองที่ละคู่ ซึ่งจะเห็นว่า

- การเปรียบเทียบหลักเกณฑ์รองในหลักเกณฑ์หลักการวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อมในการ ประเมิน Emission GHG กับ GWP Value มีค่าเท่ากับ 1 เนื่องจากในการวัดผลกระทบทางด้าน สิ่งแวดล้อมของการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวล จะให้ความสำคัญเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซที่ได้จาก การผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวล โดยเน้นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่อภาวะโลกร้อน ที่กำลังเป็นที่ ตระหนักของหลายประเทศในปัจจุบัน จึงให้มีค่าน้ำหนักความสำคัญของคะแนนเท่ากันของ 2 หลักเกณฑ์นี้

ตารางที่ 4.30 การคำนวณหาค่าน้ำหนักของหลักรอง ของหลักเกณฑ์หลักการวิเคราะห์ทางด้าน สิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์ทางด้าน สิ่งแวดล้อม	Emission GHG	GWP Value	Relative Weigh
Emission GHG	1	1	0.50
GWP Value	1	1	0.50
ผลรวมแนวตั้ง	2.0	2.0	1.00

Consistency Index (CI) = 0.00

Consistency Ratio (CR=CI/RI) = 0.00

และจากตารางที่ 4.30 สามารถคำนวณค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์รองได้ดังนี้

- Emission GHG = 0.50

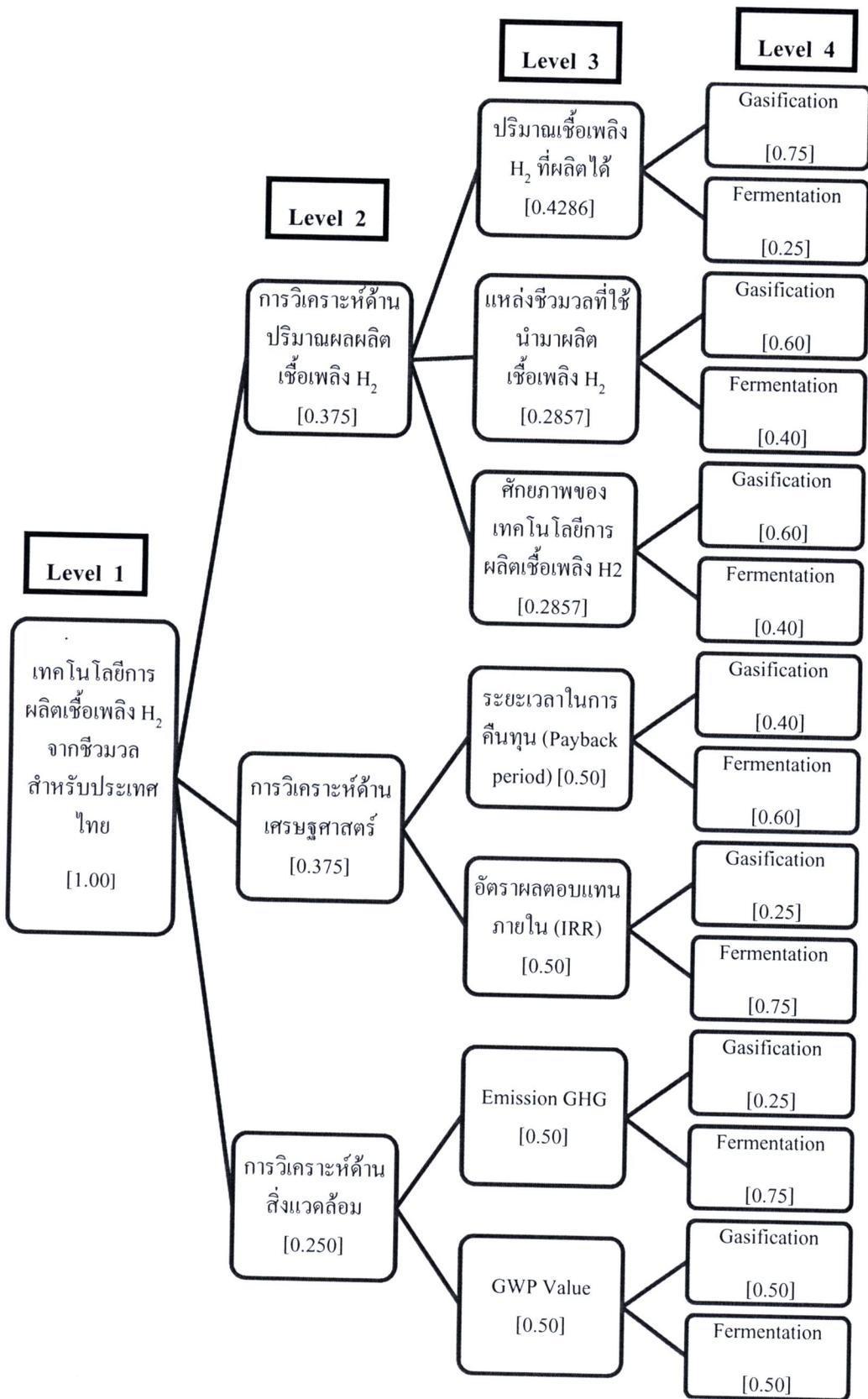
- GWP Value = 0.50

สำหรับการวัดค่า CR ของหลักเกณฑ์รอง ของหลักเกณฑ์หลักด้านการวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม มีค่า $CR = 0$ แสดงว่า การให้ค่าน้ำหนักรองในด้านการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม มีความสอดคล้องที่ยอมรับได้ในการให้เหตุผลเปรียบเทียบสำหรับการให้คะแนน

เมื่อกำหนดค่าน้ำหนักของแต่ละหลักเกณฑ์ ทั้งจากหลักเกณฑ์หลักและหลักเกณฑ์รองแล้ว ทำการหาค่าน้ำหนักให้กับแต่ละทางเลือกของแต่ละหลักเกณฑ์อีกครั้ง จะได้ตารางสรุปค่าน้ำหนักทั้งหมดและอัตราส่วนความสอดคล้องของการให้คะแนนของแต่ละหลักเกณฑ์และทางเลือกดังตารางที่ 4.31 สำหรับวิธีแสดงการคำนวณค่าน้ำหนัก และอัตราส่วนความสอดคล้องของการให้คะแนนของแต่ละหลักเกณฑ์และทางเลือกจะแสดงในภาคผนวก จ ต่อไป

ตารางที่ 4.31 คำนวณน้ำหนักและอัตราส่วนความสอดคล้อง (CR) ของการให้คะแนนของแต่ละทางเลือกและเทคโนโลยีการผลิตเพื่อเพลิง H₂ จากชีวมวล

Level 1 (วัตถุประสงค์)	Level 2			Level 3			Level 4			ผลคูณคะแนนในแต่ละ หลักเกณฑ์			
	(หลักเกณฑ์หลัก)	Relative Weigh	CR = CI/RI	(หลักเกณฑ์รอง)	Relative Weigh	CR = CI/RI	Alternative	Relative Weigh	CR = CI/RI				
เทคโนโลยีการผลิตไฮโดรเจนจากชีวมวลเพื่อผลิตเชื้อเพลิง H ₂	การวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H ₂	การวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H ₂	0.375	0.00	ปริมาณเชื้อเพลิง H ₂ ที่ผลิตได้	0.4286	0.00	Gasification	0.75	0.00	0.1205		
					แหล่งชีวมวลที่นำมาผลิตเชื้อเพลิง H ₂	0.2857		Fermentation	0.25		0.0401		
		การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์	การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์	0.375	0.00	ศักยภาพของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H ₂	0.2857	0.00	Gasification	0.60	0.00	0.0642	
						ระยะเวลาในการคืนทุน (Payback period)	0.50		Fermentation	0.40		0.0428	
			การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	0.250	0.00	Emission GHG	0.50	0.00	Gasification	0.40	0.00	0.0750
										Fermentation	0.60		0.1128
	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม			การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	Gasification	0.25	0.00	0.0468
										Fermentation	0.75		0.1406
	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	Gasification	0.25	0.00	0.0312		
								Fermentation	0.75		0.0937		
	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	Gasification	0.50	0.00	0.0625		
								Fermentation	0.50		0.0625		



รูปที่ 4.10 แสดงค่าน้ำหนักของแต่ละหลักเกณฑ์และทางเลือกของการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวล

และจากค่าน้ำหนักคะแนนของแต่ละหลักเกณฑ์และทางเลือกในตารางที่ 4.31 หรือแสดงเป็นแผนภูมิ Hierarchy ได้ดังรูปที่ 4.11 นำมาหาค่าน้ำหนักคะแนนรวมของทั้งแผนภูมิ โดยทางเลือกที่มีคะแนนมากที่สุด จะเป็นทางเลือกที่ถูกตัดสินใจให้เลือกตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ในตอนต้น ซึ่งค่าน้ำหนักคะแนนรวมของทั้งแผนภูมิหาได้จากสมการดังนี้

$$S_i^j = RW_2 * RW_3 * W_i^j$$

เมื่อ S_i^j = น้ำหนักคะแนนรวมของทั้งแผนภูมิของแต่ละทางเลือก

RW_2 = น้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ในแผนภูมิโครงสร้างชั้นที่ 2

RW_3 = น้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ในแผนภูมิโครงสร้างชั้นที่ 3

W_i^j = น้ำหนักความสำคัญของรูปแบบทางเลือกที่ i จากการประเมินภายใต้หลักเกณฑ์ j

ดังนั้น จะได้ค่าน้ำหนักคะแนนรวมของทั้งแผนภูมิสำหรับการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลเปรียบเทียบกับระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ดังนี้

ค่าน้ำหนักคะแนนรวมของเทคโนโลยี Gasification

$$\begin{aligned} &= [(0.375)(0.4286)(0.75)] + [((0.375)(0.2857)(0.60))] + [(0.375)(0.2857)(0.60)] + \\ & \quad [(0.375)(0.50)(0.40)] + [(0.375)(0.50)(0.25)] + [(0.25)(0.50)(0.25)] + [(0.25)(0.50)(0.50)] \\ &= 0.121 + 0.064 + 0.064 + 0.075 + 0.047 + 0.031 + 0.063 \\ &= \mathbf{0.465} \end{aligned}$$

ค่าน้ำหนักคะแนนรวมของเทคโนโลยี Fermentation

$$\begin{aligned} &= [(0.375)(0.4286)(0.25)] + [((0.375)(0.2857)(0.40))] + [(0.375)(0.2857)(0.40)] + \\ & \quad [(0.375)(0.50)(0.60)] + [(0.375)(0.50)(0.75)] + [(0.25)(0.50)(0.75)] + [(0.25)(0.50)(0.50)] \\ &= 0.04 + 0.043 + 0.043 + 0.113 + 0.141 + 0.094 + 0.063 \\ &= \mathbf{0.535} \end{aligned}$$

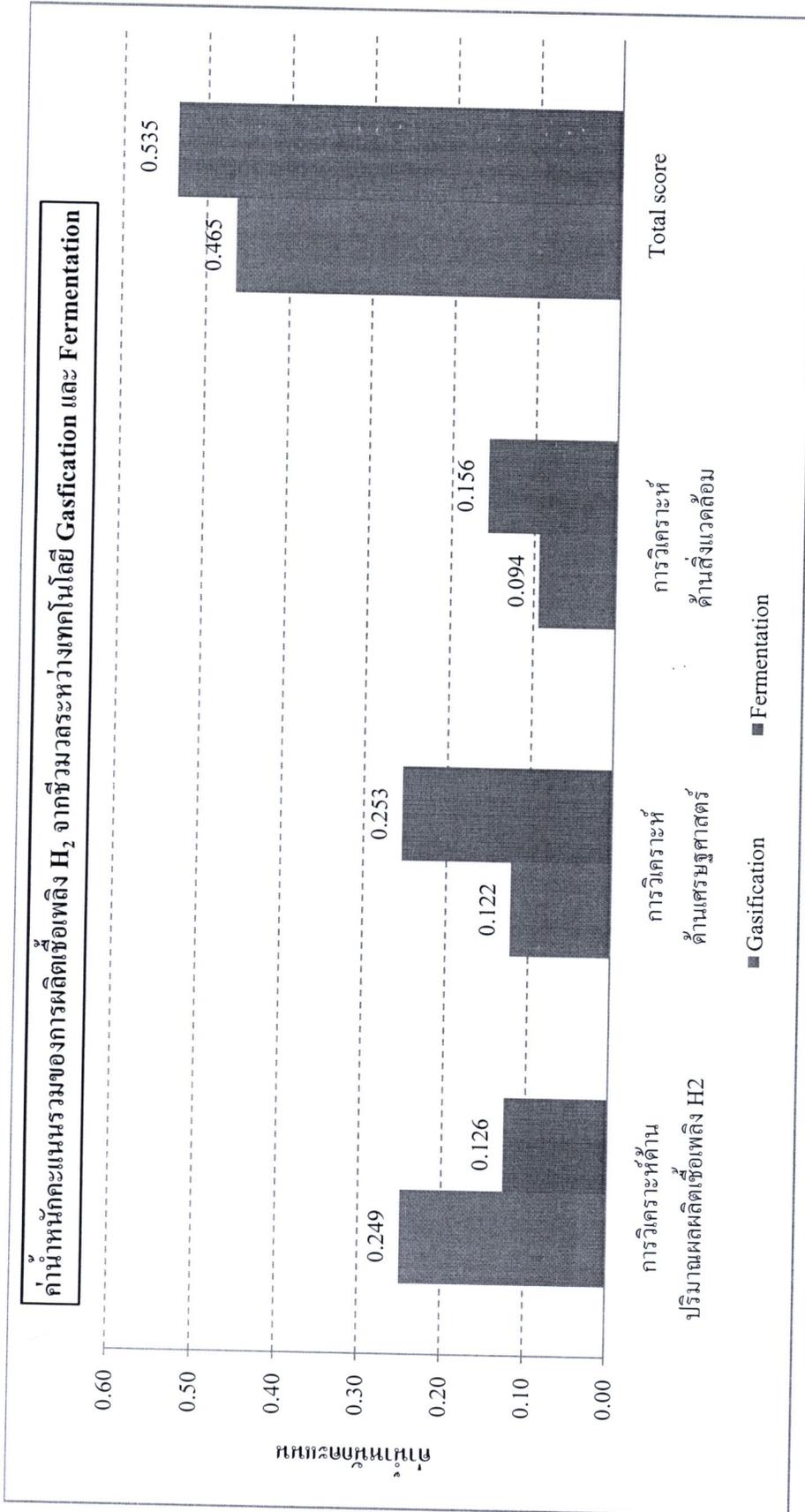
จากการคิดค่าน้ำหนักของแต่ละหลักเกณฑ์หลักและหลักเกณฑ์รอง เมื่อนำมาคิดเป็นค่าน้ำรวมของทางเลือกระหว่างการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation จะได้ค่าน้ำหนักคะแนนรวมของเทคโนโลยี Fermentation = 0.535 มากกว่า

เทคโนโลยี Gasification = 0.465 โดยในรูปที่ 4.12 เป็นรูปที่แสดงค่าน้ำหนักคะแนนรวมของการเปรียบเทียบเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ที่พิจารณาค่าน้ำหนักคะแนนรวมของหลักเกณฑ์หลัก (Level 2) ที่ใช้ในการตัดสินใจที่จะเลือกเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลเท่านั้น แต่ในรูปที่ 4.13 เป็นรูปที่แสดงค่าน้ำหนักคะแนนรวมของการเปรียบเทียบเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ที่ได้ในแต่ละหลักเกณฑ์หลักและหลักเกณฑ์รอง เพื่อให้เห็นถึงระดับค่าน้ำหนักคะแนนรวมที่แตกต่างกัน ซึ่งจะเห็นว่า

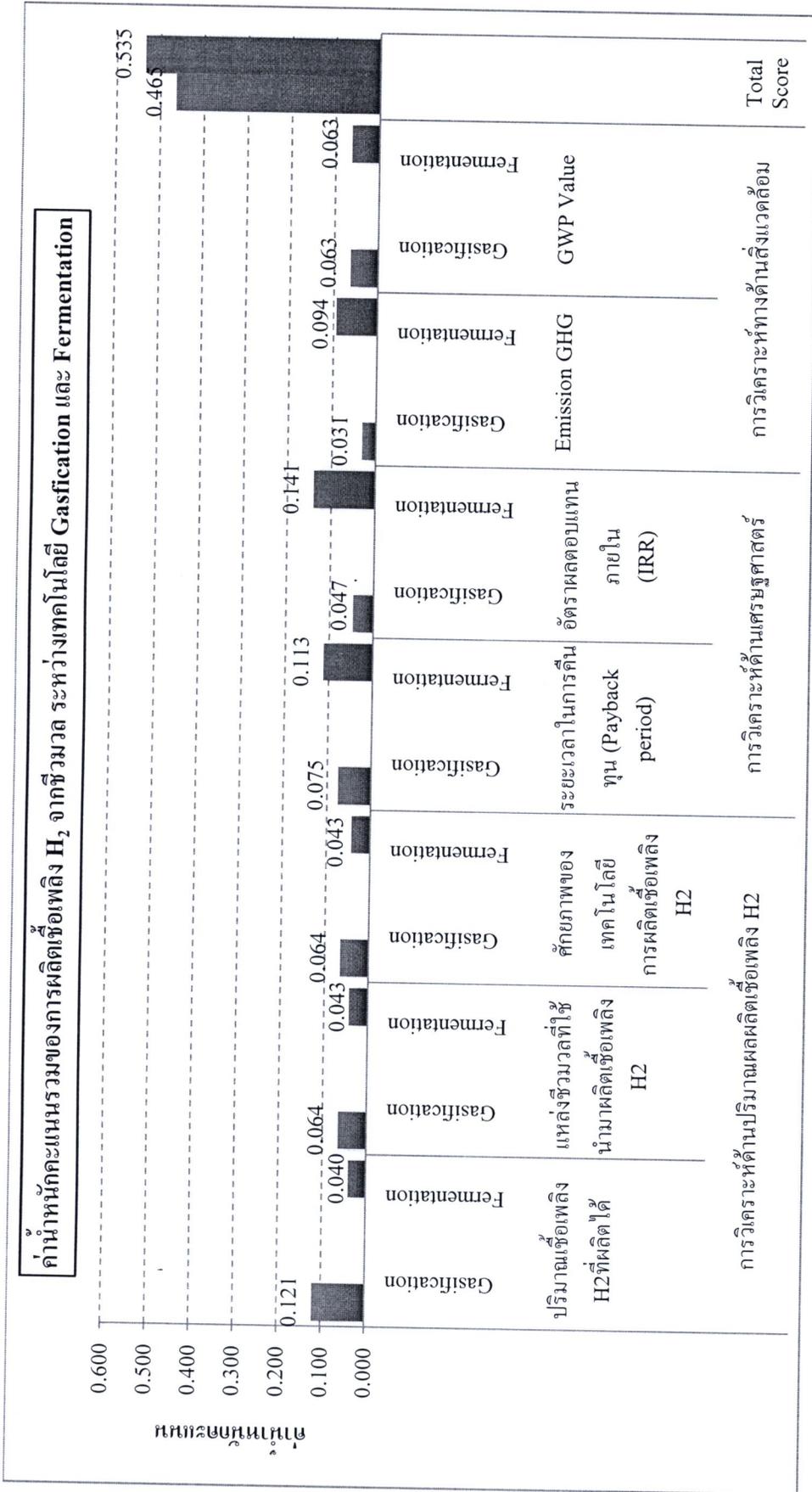
1. ค่าน้ำหนักคะแนนรวมของหลักเกณฑ์หลักในด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้ ในรูปที่ 4.12 ของเทคโนโลยี Gasification = 0.249 มีค่ามากกว่าเทคโนโลยี Fermentation = 0.126 เนื่องจากปริมาณชีวมวลที่สามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง H_2 สำหรับประเทศไทย ส่วนใหญ่จะมีความเหมาะสมกับเทคโนโลยี Gasification มากกว่าเทคโนโลยี Fermentation ทำให้ค่าน้ำหนักของในหลักเกณฑ์รอง ในรูปที่ 4.13 คือ 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
2. ค่าน้ำหนักคะแนนรวมของหลักเกณฑ์หลักการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ ในรูปที่ 4.12 ที่ได้ของเทคโนโลยี Fermentation = 0.253 มากกว่าเทคโนโลยี Gasification = 0.122 หลังจากที่ได้มีประเมินมูลค่าการลงทุนการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลสำหรับประเทศไทย จะได้ว่า เทคโนโลยี Fermentation จะให้ระยะเวลาในคืนทุน และอัตราผลตอบแทนภายใน จากข้อหวัการวิเคราะห์ที่ 4.2 ที่มีค่ามากกว่าเทคโนโลยี Gasification ดังนั้นค่าน้ำหนักคะแนนของเทคโนโลยี Fermentation สำหรับระยะเวลาในการคืนทุน = 0.113 และค่าน้ำหนักของอัตราผลตอบแทนภายใน = 0.141 มากกว่าเทคโนโลยี Gasification ที่มีค่าน้ำหนักสำหรับระยะเวลาในการคืนทุน = 0.075 และค่าน้ำหนักของอัตราผลตอบแทนภายใน = 0.047 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.13
3. ค่าน้ำหนักคะแนนรวมของหลักเกณฑ์หลักการวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อมในรูปที่ 4.12 ที่ได้ของเทคโนโลยี Fermentation = 0.156 มากกว่าเทคโนโลยี Gasification = 0.094 จากการประเมินการปล่อย Emission GHG จากการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ซึ่งจะเห็นว่าเทคโนโลยี Fermentation จะมีปริมาณการปล่อย Emission GHG ที่น้อยกว่าเทคโนโลยี Gasification ดังในหัวข้อที่ 4.3 ดังนั้นค่าน้ำหนักคะแนนของเทคโนโลยี Fermentation สำหรับการปล่อย Emission GHG = 0.094 สูงกว่าเทคโนโลยี Gasification = 0.031 แต่สำหรับค่าน้ำหนักของ GWP Value จากทั้ง 2 เทคโนโลยีจะมี

ค่าเท่ากันคือ 0.063 ทั้งนี้เนื่องจากการคิดผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนในหน่วยของ $\text{kg-CO}_2/\text{kg}$ Biomass ที่ได้แสดงในหัวข้อที่ 4.4 สำหรับการหาค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์รองในด้านสิ่งแวดล้อม โดยให้มีความผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเท่ากัน ดังรูปที่ 4.13

ดังนั้น การประเมินเทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล ด้วยการใช้เทคนิคการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์มาช่วยในตัดสินใจเพื่อเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับประเทศไทย จึงเลือกเทคโนโลยี Fermentation ตามค่าน้ำหนักคะแนนรวมของทั้งหลักเกณฑ์หลักและหลักเกณฑ์รองที่มีค่ามากกว่า เทคโนโลยี Gasification แต่อย่างไรก็ตาม การผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลสำหรับประเทศไทยในอนาคต ยังคงต้องมีการพัฒนาในด้านของปริมาณการผลิตเชื้อเพลิง H_2 โดยเฉพาะในเรื่องของศักยภาพของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 ที่ต้องได้รับการสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาเป็นอย่างมาก ทั้งนี้หากมีการพัฒนาในด้านดังกล่าว ก็จะทำให้ปริมาณผลผลิตของเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้จากเทคโนโลยี Fermentation เพิ่มขึ้นด้วย และยังส่งผลต่อเนื่องถึงปัญหาการขาดแคลนพลังงานในอนาคต โดยหากได้มีการวิจัยและพัฒนาหาแหล่งของการผลิตพลังงานทดแทนจากแหล่งของพลังงานที่มีอยู่ภายในประเทศของเราเอง ก็นับว่าเป็นการวางแผนทางด้านการวิจัยเพื่อหาทางแก้ไขกับปัญหาทางด้านพลังงานที่จะเกิดขึ้นต่อไปในอนาคต



รูปที่ 4.11 ค่าน้ำหนักคะแนนรวมของหลักเกณฑ์หลัก (Level 2) ของการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวล ระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation



รูปที่ 4.12 คำนวณคะแนนรวมของหลักเกณฑ์รอง (Level 3) ของการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวล ระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation