

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาเพื่อประเมินเทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลโดยกระบวนการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ เพื่อให้ได้เทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลที่เหมาะสมกับประเทศไทยมากที่สุด ซึ่งเชื้อเพลิง  $H_2$  จะนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนพลังงานที่กำลังจะหมดไปในอนาคต เช่น ถ่านหิน น้ำมัน หรือก๊าซธรรมชาติ นอกจากนี้ พลังงานเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวล ยังเป็นพลังงานที่สะอาดและสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานได้ เพราะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่น้อยกว่า พลังงานที่ผลิตได้จากแหล่งพลังงานจำพวกฟอสซิล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาถึงเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวล จากรายงานการวิจัยที่ได้มีการศึกษามาก่อนหน้านี้ในช่วงตั้งแต่ปี 2001-2010 และพบว่าเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลที่มีการวิจัยและพัฒนาที่น่าจะเหมาะสมกับประเทศไทย มีด้วยกัน 2 เทคโนโลยี คือ การผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification ซึ่งเป็นเทคโนโลยีทางด้านเคมีความร้อน (Thermo-chemical Technology) และการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation ซึ่งเป็นเทคโนโลยีทางด้านชีววิทยา (Biological Technology) โดยงานวิจัยนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนหลักด้วยกัน ส่วนแรก จะเป็นการศึกษาเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวล ระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation จากรายงานการวิจัยที่ได้ศึกษามาก่อนหน้านี้ด้วยกัน 3 ด้าน คือ (1) ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  ที่ได้ (2) ด้านเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนเพื่อผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวล และ (3) ด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวล จากผลการวิเคราะห์ของทั้ง 3 ด้าน จะนำมาประเมินกับปริมาณชีวมวลของประเทศไทยที่สามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง  $H_2$  ได้ จากนั้น ก็จะเป็นการศึกษาในส่วนที่ 2 ในการนำเอาเทคนิคของกระบวนการตัดสินใจ คือ กระบวนการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ มาใช้เป็นเครื่องมือในการเลือกเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลสำหรับประเทศไทยต่อไป โดยได้ผลการศึกษาที่มีรายละเอียดดังนี้

#### 5.1 ผลการศึกษาด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง $H_2$ ที่ได้

เป็นการศึกษาที่ได้นำรายงานการวิจัยที่ได้ศึกษามาก่อนหน้านี้ โดยได้รวบรวมงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification 9 รายงานการวิจัย ตั้งแต่

ปี 2002-2008 และการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation 14 รายงานการวิจัย ตั้งแต่ปี 2001-2010 แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อประเมินถึงแนวโน้มปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวล ของประเทศไทยเปรียบเทียบกับระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation โดยการรวบรวมข้อมูลของชีวมวลออกมาได้เป็นรายปี 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  $H_2$  ( $Nm^3-H_2$ ) จะมีค่าเทียบได้กับ 0.34 L- gasoline ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  82.86 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี ด้วยเทคโนโลยี Gasification จึงเทียบได้กับ 28.17 ล้านลิตรของน้ำมันเบนซิน/ปี หรือสามารถเติมให้กับรถยนต์ส่วนบุคคลขนาดมาตรฐาน (เต็มถัง 40 L) ได้ประมาณ 704,327 คัน สามารถใช้ทดแทนปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินได้ 0.38% และสำหรับเทคโนโลยี Fermentation ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  5.96 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี เทียบได้กับ 2.03 ล้านลิตร ของน้ำมันเบนซิน/ปี หรือสามารถเติมให้กับรถยนต์ส่วนบุคคลขนาดมาตรฐานได้แค่ 50,666 คันเท่านั้น สามารถใช้ทดแทนปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินได้ 0.03%

ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลที่ผลิตได้เทคโนโลยี Gasification จะได้ปริมาณมากกว่าเทคโนโลยี Fermentation 14 เท่า แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลที่นำมาใช้ทดแทนน้ำมันเบนซินในปัจจุบันยังมีค่าน้อยมาก ทั้งจากเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินของประเทศไทย การวิจัยและพัฒนาในเรื่องของปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  ที่ได้จากชีวมวลจึงจำเป็นที่จะต้องพัฒนาอย่างต่อเนื่องและจริงจัง หากต้องการนำเอาเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลมาใช้แทนน้ำมันเบนซินในอนาคต ก่อนที่ปริมาณน้ำมันสำรองที่มีอยู่ในปัจจุบันจะลดลงเรื่อยๆ และหมดไป

## 5.2 ผลการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์

ได้มีการศึกษารายงานการวิจัยก่อนหน้านี้ทั้งหมด 4 รายงานการวิจัย ตั้งแต่ปี 2004-2010 และแบ่งออกเป็นรายงานการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากเทคโนโลยี Gasification 2 รายงานการวิจัย และ จากเทคโนโลยี Fermentation อีก 2 รายงานการวิจัย แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อประเมินค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพื่อผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวล ว่าเทคโนโลยีใดมีความเหมาะสมกับประเทศไทย โดยได้ทำการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 2 แบบด้วยกัน

คือ การประเมินความคุ้มค่าจากอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate Return : IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

- การประเมินความคุ้มค่าจากอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate Return : IRR) ในการหามูลค่าการลงทุนในการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลสำหรับประเทศไทย มีการคำนวณราคาการขายเชื้อเพลิง  $H_2$  จากการเทียบกับราคาของน้ำมันเบนซิน อ้างอิงมาจาก องค์กร National Institute of Standards and Technology หรือ NIST ประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S.A) ในปี 1994 ซึ่งจะได้ราคาขายเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลทั้งจากเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation มีราคาเท่ากับ 938.60 THB/GJ และในการหามูลค่าการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  ได้มีการใช้ Material costs ในการเทียบเพื่อหามูลค่าการลงทุนของ costs อื่นๆ เนื่องจาก Material costs ได้มีข้อมูลของราคาชีวมวลเฉลี่ยสำหรับประเทศไทยอ้างอิงจาก สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (Jul, 2009 – Aug, 2011) จึงได้มูลค่าการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลเปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 มูลค่าในการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลเปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation

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

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นว่า รายได้จากการขายเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification = 823.47 ล้านบาท/ปี สูงกว่ารายได้จากเทคโนโลยี Fermentation 307.82 ล้านบาท/ปี ตามปริมาณของเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลที่ผลิตได้จากเทคโนโลยี Gasification ที่ได้มากกว่าเทคโนโลยี Fermentation และมูลค่าการลงทุนของเทคโนโลยี Gasification = 455.20 ล้านบาท/ปี ซึ่งก็สูงกว่าเทคโนโลยี Fermentation = 44.73 ล้านบาท/ปี เนื่องจากการนำเอา Material Costs

มาใช้ในการเทียบหามูลค่าการลงทุนของ Cost อื่นๆ ซึ่งชีวมวลที่นำมาใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  ด้วยเทคโนโลยี Fermentation ในประเทศไทย จะมีค่าราคาเฉลี่ยของชีวมวลที่ค่อนข้างต่ำกว่า เทคโนโลยี Gasification เช่น อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง จึงทำให้ราคาของ Material cost และ Costs อื่นๆ ในเทคโนโลยี Fermentation มีค่าน้อยกว่า เทคโนโลยี Gasification แม้ว่าผลให้กำไรสุทธิที่ได้จากผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification = 368.27 ล้านบาท/ปี สูงกว่าเทคโนโลยี Fermentation = 263.09 ล้านบาท/ปี แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์อัตราส่วนของกำไรที่ได้ต่อต้นทุน B/C ratio (Benefit and Cost Analysis) จะเห็นว่า B/C ratio ของเทคโนโลยี Fermentation = 2.89 สูงกว่า เทคโนโลยี Gasification = 0.52 และเมื่อนำไปคำนวณประเมินการลงทุนในระยะการลงทุน 10 ปี จึงทำให้ค่า IRR ของเทคโนโลยี Fermentation = 567.51% มีค่ามากกว่า เทคโนโลยี Gasification = 142.77% คิดเป็น 3.97 เท่า

- การประเมินความคุ้มค่าจากระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) จากการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วยอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ในระยะเวลาการลงทุน 10 ปี จะได้ผลตอบแทนการลงทุนในปีแรกของ เทคโนโลยี Gasification มีรายได้สุทธิเท่ากับ 368.27 ล้านบาท/ปี และเทคโนโลยี Fermentation มีรายได้สุทธิเท่ากับ 263.09 ล้านบาท/ปี โดยได้ค่าที่เป็นบวก แสดงให้เห็นว่าการลงทุนได้ผลกำไรในปีแรก จึงมีระยะเวลาในการคืนทุนได้ในปีแรกของการลงทุน แต่การลงทุนด้วยเทคโนโลยี Fermentation จะให้ค่าอัตราส่วนของผลได้ต่อต้นทุน B/C ratio IRR มากกว่าเทคโนโลยี Gasification ดังนั้นจะเห็นว่า การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลของประเทศไทย เทคโนโลยี Fermentation มีความเหมาะสมมากกว่า เทคโนโลยี Gasification เพราะมีการลงทุนที่น้อยกว่า แต่ให้ผลตอบแทนการลงทุนที่มากกว่า

### 5.3 ผลการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม

เป็นการศึกษาเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมในการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  ด้วยชีวมวล จากเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ด้วยการประเมินจากปริมาณปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission GHG) และเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลที่มีผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน (GWP Value)

- การประเมินจากปริมาณปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission GHG) จากการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  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/ปี,  $CO = 1.96$  พันตัน/ปี,  $N_2 = 0.020$  พันตัน/ปี และ Emission Gas ที่ได้จากการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวล ด้วยเทคโนโลยี Fermentation มี 2 ชนิด เรียงตามปริมาณการปล่อยก๊าซจากมากที่สุด

ไปน้อยที่สุด คือ  $\text{CO}_2 = 14.04$  พันตัน/ปี และ  $\text{CH}_4 = 2.55$  พันตัน/ปี ตามลำดับ โดยปริมาณการปล่อย Emission Gas รวมของเทคโนโลยี Gasification = 43.38 พันตัน- $\text{CO}_2$ /ปี มากกว่าเทคโนโลยี Fermentation = 16.59 พันตัน- $\text{CO}_2$ /ปี ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณชีวมวลที่นำมาใช้ในการผลิตเป็น เชื้อเพลิง  $\text{H}_2$  ของเทคโนโลยี Gasification (86,853,430 Tones/Y) ที่มีมากกว่า เทคโนโลยี Fermentation (44,948.84 Tones/Y) สรุปได้ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ปริมาณการปล่อย Emission Gas เปรียบเทียบจากการผลิตเชื้อเพลิง  $\text{H}_2$  ด้วยเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation

Emission Gas	ปริมาณ Emission Gas ( $\times 10^3$ Tones $\text{CO}_2$ )/Y)	
	เทคโนโลยี Gasification	เทคโนโลยี Fermentation
$\text{CO}_2$	38.95	14.04
$\text{CH}_4$	2.45	2.55
CO	1.96	-
$\text{N}_2$	0.02	-
Total	43.38	16.59
ผลผลิตชีวมวล (Tones/Y)	86,853.43	44,948.84

และเมื่อนำมาคิดเป็นมูลค่าความเสียหายของผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม Externality Cost ของการผลิตเชื้อเพลิง  $\text{H}_2$  จากชีวมวล ด้วยเทคโนโลยี Gasification มีค่าเท่ากับ 783.02 ล้านบาท/ปี และมีค่ามากกว่า ค่า Externality Cost ที่ได้จากเทคโนโลยี Fermentation มีค่าเท่ากับ 265.57 ล้านบาท/ปี

- การวิเคราะห์ผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน (Global Warming) ค่า GWP ในระยะเวลา 20 ปี เมื่อคิดในหน่วยของผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนเทียบกับปริมาณชีวมวล 1 kg ( $\text{kg-CO}_2/\text{kg-Biomass}$ ) ค่า GWP ที่ได้จากก๊าซ  $\text{CO}_2$  จากการผลิตเชื้อเพลิง  $\text{H}_2$  จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification มีค่าเท่ากับ 0.46  $\text{kg-CO}_2/\text{kg-Biomass}$  สูงกว่า เทคโนโลยี Fermentation 0.18  $\text{kg-CO}_2/\text{kg-Biomass}$  คิดเป็น 2.6 เท่า ในขณะที่ค่า GWP ที่ได้จากก๊าซ  $\text{CH}_4$  จากการผลิตเชื้อเพลิง  $\text{H}_2$  จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Fermentation มีค่าเท่ากับ 2.30  $\text{kg-CO}_2/\text{kg-Biomass}$  สูงกว่าเทคโนโลยี Fermentation 2.07  $\text{kg-CO}_2/\text{kg-Biomass}$  คิดเป็น 1.1 และเมื่อรวมค่า GWP ที่ได้จากก๊าซ  $\text{CO}_2$  และ

CH<sub>4</sub> จะได้ค่า GWP รวมของการผลิตเชื้อเพลิง H<sub>2</sub> จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification จะมีค่าเท่ากับ 2.53 kg-CO<sub>2</sub> /kg-Biomass ซึ่งสูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับค่า GWP รวมที่ได้จากเทคโนโลยี Fermentation ที่มีค่าเท่ากับ 2.48 kg-CO<sub>2</sub> /kg-Biomass และเมื่อคิดค่า GWP Value รวมของการผลิตเชื้อเพลิง H<sub>2</sub> จากชีวมวลในหน่วย GWP kg-CO<sub>2</sub> ที่ตามปริมาณชีวมวลที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง H<sub>2</sub> ได้ในหน่วยของ Tones/Y จะได้ว่า ค่า GWP รวมของการผลิตเชื้อเพลิง H<sub>2</sub> จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยี Gasification มีค่าเท่ากับ 219.84 Tones/Y สูงกว่า GWP รวมที่ได้จากเทคโนโลยี Fermentation ที่มีค่าเท่ากับ 111.47 Tones/Y ตามศักยภาพของปริมาณชีวมวลที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง H<sub>2</sub> จากเทคโนโลยี Gasification ที่มีมากกว่าเทคโนโลยี Fermentation

#### 5.4 การจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ (Analysis Heirarchy Process : AHP)

ได้มีการนำเอาการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ มาช่วยในการตัดสินใจเลือกการผลิตเชื้อเพลิง H<sub>2</sub> จากชีวมวลระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ว่าเทคโนโลยีใดมีความเหมาะสมกับประเทศไทย โดยได้แบ่งออกเป็น 3 หลักเกณฑ์ด้วยกัน คือ

1. การวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H<sub>2</sub>
2. การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์
3. การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม

โดยในแต่ละหลักเกณฑ์หลักยังมีการแบ่งออกเป็นหลักเกณฑ์รอง เพื่อนำมาใช้ในการหาค่าน้ำหนักในการเปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation รวมทั้งได้มีการหาค่าน้ำหนักความสอดคล้องของการให้น้ำหนักของแต่ละหลักเกณฑ์ (CR) ซึ่งในทุกหลักเกณฑ์จะได้ค่า CR = 0.00 แสดงให้เห็นว่า การให้น้ำหนักในแต่ละหลักเกณฑ์ มีความสอดคล้องที่ยอมรับได้ในการให้เหตุผลเปรียบเทียบสำหรับการให้คะแนนตามเงื่อนไขของ CR < 0.1 จึงจะยอมรับการให้ค่าน้ำหนักคะแนนในการเปรียบเทียบได้ และได้มีการสรุปค่าน้ำหนักคะแนนในแต่ละหลักเกณฑ์ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 คำนวณน้ำหนักและอัตราส่วนความสอดคล้อง (CR) ของการให้คะแนนของแต่ละหลักเกณฑ์และทางเลือกของการผลิตเชื้อเพลิง H<sub>2</sub> จากชีวมวล

Level 1 (วัตถุประสงค์)	Level 2			Level 3			Level 4			ผลคะแนนในแต่ละหลักเกณฑ์		
	(หลักเกณฑ์หลัก)	Relative Weigh	CR = CI/RI	(หลักเกณฑ์รอง)	Relative Weigh	CR = CI/RI	Alternative	Relative Weigh	CR = CI/RI			
เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H <sub>2</sub> จากชีวมวลสำหรับประเทศไทย	การวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H <sub>2</sub>	การวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H <sub>2</sub>	0.38	ปริมาณเชื้อเพลิง H <sub>2</sub> ที่ผลิตได้	0.43	0.00	Gasification	0.75	0.00	0.121		
					0.29		Fermentation	0.25		0.040		
		การวิเคราะห์ด้านเศรษฐกิจศาสตร์	0.38	0.00	แหล่งชีวมวลที่นำมาผลิตเชื้อเพลิง H <sub>2</sub>	0.29	0.00	Gasification	0.60	0.00	0.064	
					ศักยภาพของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H <sub>2</sub>	0.29		Fermentation	0.40		0.043	
	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	0.25	0.00	ระยะเวลาในการคืนทุน (Payback period)	0.50	0.00	Gasification	0.40	0.00	0.075		
					อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)		0.50	Fermentation		0.60	0.113	
	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	0.25	0.00	Emission GHG	0.50	0.00	Gasification	0.25	0.00	0.031		
							Fermentation	0.75		0.094		
					GWP Value		0.50	Gasification		0.50	0.00	0.063
								Fermentation		0.50		0.063

จากตารางที่ 5.3 จะได้

- การวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  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 เนื่องจากปริมาณชีวมวลที่สามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง  $H_2$  สำหรับประเทศไทย ส่วนใหญ่จะมีความเหมาะสมกับเทคโนโลยี Gasification มากกว่าเทคโนโลยี Fermentation จึงทำให้ค่าน้ำหนักคะแนนรวมของหลักเกณฑ์หลักในด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  ที่ได้ของเทคโนโลยี Gasification = 0.249 มีค่ามากกว่าเทคโนโลยี Fermentation = 0.126

- การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ จากที่ได้มีประเมินมูลค่าการลงทุนการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลสำหรับประเทศไทย จะได้ เทคโนโลยี Fermentation จะให้ค่าน้ำหนักคะแนนรวมระยะเวลาในคืนทุน = 0.113 มากกว่าเทคโนโลยี Gasification = 0.075 และอัตราผลตอบแทนภายในของเทคโนโลยี Fermentation อัตราผลตอบแทนภายใน = 0.141 มากกว่าเทคโนโลยี Gasification ที่มีค่ามากกว่าเทคโนโลยี Gasification = 0.047 ดังนั้น ค่าน้ำหนักคะแนนรวมของหลักเกณฑ์หลักการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ ที่ได้ของเทคโนโลยี Fermentation = 0.253 มากกว่าเทคโนโลยี Gasification = 0.122

-การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อมจากการประเมินการปล่อย Emission GHG ของการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวล ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณการปล่อย Emission GHG ของเทคโนโลยี Fermentation น้อยกว่าเทคโนโลยี Gasification จึงทำให้มีค่าน้ำหนักคะแนนที่มากกว่าเทคโนโลยี Gasification เนื่องจากมีการทำลายสิ่งแวดล้อมที่น้อยกว่า ค่าน้ำหนักของเทคโนโลยี Fermentation สำหรับการปล่อย Emission GHG = 0.094 สูงกว่าเทคโนโลยี Gasification = 0.031 แต่สำหรับค่าน้ำหนักของ GWP Value จากทั้ง 2 เทคโนโลยีจะมีค่าเท่ากันคือ 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  $H_2$  จากชีวมวล จะได้ค่าน้ำหนักคะแนนรวมของเทคโนโลยี Fermentation = 0.535 มากกว่า เทคโนโลยี Gasification =

0.465 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 และยังคงส่งผลต่อเนื่องถึงปัญหาการขาดแคลนพลังงานในอนาคต โดยหากได้มีการวิจัยและพัฒนาหาแหล่งของการผลิตพลังงานทดแทนจากแหล่งของพลังงานที่มีอยู่ภายในประเทศของเราเอง ก็นับว่าเป็นการวางแผนทางด้านการวิจัยเพื่อหาทางแก้ไขกับปัญหาทางด้านพลังงานที่จะเกิดขึ้นต่อไปในอนาคต

### 5.5 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ได้มีการนำเอาผลของรายงานการวิจัยที่ได้มีการศึกษามาก่อนนี้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวล มาทำการวิเคราะห์ประเมินผลสำหรับประเทศไทย โดยเป็นรายงานการศึกษาที่ได้มาจากต่างประเทศทั้งหมด จึงควรมีการวิจัยและทำการทดลองจริงสำหรับประเทศไทยในเรื่องของวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  ที่ได้, ด้านเศรษฐศาสตร์การลงทุน และด้านผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากการนำเอาผลรายงานการวิจัยก่อนหน้านี้ที่มาจากต่างประเทศ ย่อมมีความแตกต่างกันในเรื่องของชนิดของชีวมวล ค่าวัสดุอุปกรณ์ ลักษณะสภาพสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ซึ่งหากมีการทดลองจริงแล้ว ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 ด้าน อาจจะมีผลที่แตกต่างออกไปจากงานวิจัยนี้

2. หากมีการนำเอางานวิจัยนี้ไปใช้ในการประเมินผลเปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลสำหรับประเทศไทย แต่มีความแตกต่างกันในเรื่องของพื้นที่ ซึ่งอาจจะแบ่งออกเป็นภูมิภาค จังหวัด ย่อมจะมีผลทำให้ผลในการประเมินทั้ง 3 ด้าน ที่ได้มีความแตกต่างกันเช่นเดียวกัน เนื่องจากในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทย จะให้ปริมาณชีวมวลที่แตกต่างกันไปตามสภาพความเหมาะสมในการทำเกษตรกรรมและให้ปริมาณผลผลิตชีวมวลที่ใช้ในผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  ด้วยเทคโนโลยี Gasification หรือ Fermentation มากกว่ากัน

3. การกำหนดราคาขายเชื้อเพลิง  $H_2$  อาจจะมีการกำหนดโดยใช้ตัวเทียบราคามาตรฐานกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น เช่น ก๊าซ NGV เนื่องจากอยู่ในสถานะก๊าซเช่นเดียวกัน ซึ่งก็จะทำให้ได้ราคาขายเชื้อเพลิง  $H_2$  มีค่าเปลี่ยนไปจากรายงานการวิจัยนี้

4. การวิเคราะห์ด้านผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม อาจจะมีการวิเคราะห์เพิ่มเติมจากการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  ด้วยชีวมวล นอกจากผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน (Global Warming) เช่น การทำลายชั้นบรรยากาศของโลก (Ozone Depletion), การเกิดฝนกรด (Acidification), การเกิดหมอกสารพิษ (Photochemical Smog) ฯลฯ

5. มีการศึกษาเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวล ด้วยเทคโนโลยีอื่นเพิ่มเติม โดยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จาก Metabolic Process (Photo-biology) หรือการผลิตก๊าซ  $H_2$  ด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสง จำพวกสาหร่ายต่างๆ ทั้งสาหร่าย Green sulfur Bacteria, Purple sulfur Bacteria และ Purple non-sulfur Bacteria ก็เป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจ เพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบกับอีก 2 เทคโนโลยีและเป็นการเพิ่มทางเลือกในการตัดสินใจในการผลิตเชื้อเพลิง  $H_2$  จากชีวมวลได้อีกทางเลือกหนึ่ง