

ไฮโดรเจน : เชื้อเพลิงแห่งอนาคตที่ไม่มีวันสูญสิ้น

Hydrogen : Non – depleted Future Fuel

ละอองดาว แสงหล้า¹

วิระศักดิ์ เทพจันทร์¹

ธวัชชัย ศุภดิษฐ์²

บทคัดย่อ

จากการที่น้ำมันในตลาดโลกมีราคาแพงขึ้น ส่งผลกระทบต่อการใช้น้ำมันทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศที่ต้องพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันอย่างประเทศไทย มาตรการในการแก้ปัญหาอย่างหนึ่ง คือ การหาพลังงานทดแทนที่มีความยั่งยืนและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม อาทิ พลังงานไฮโดรเจน โดยพลังงานไฮโดรเจนกำลังได้รับความสนใจจากทั่วโลก เนื่องจากสามารถผลิตได้จากหลายแหล่ง มีศักยภาพ ให้พลังงานสูง และแปลงเป็นพลังงานอื่นได้ง่าย แต่กระบวนการผลิตจะต้องมีต้นทุนต่ำและมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม การพัฒนากระบวนการผลิตไฮโดรเจนให้เป็นพลังงานที่สะอาด มีความยั่งยืนในระบบ และเกิดการแข่งขันทางด้านต้นทุนได้นั้นมีกระบวนการผลิตได้หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน พลังงานนิวเคลียร์ แหล่งทรัพยากรหมุนเวียน เช่น มวลชีวภาพ สาหร่ายหรือแบคทีเรีย และน้ำหรือน้ำเสีย เป็นต้น ส่วนการจัดเก็บก๊าซไฮโดรเจนจะเก็บไว้ในสถานะ

¹ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

ของเหลว ในวัสดุที่สามารถดูดซับและเก็บรักษาไฮโดรเจนได้ดี ขณะที่การนำก๊าซไฮโดรเจนไปใช้ประโยชน์จะอยู่ในรูปของการใช้เป็นเซลล์เชื้อเพลิง

คำสำคัญ : เซลล์เชื้อเพลิง พลังงาน สิ่งแวดล้อม ไฮโดรเจน

Abstracts

According to an expensive of oil in the world market, it affects to world oil consumption, especially Thailand that lacks oil sources in the country. Alternative energy is one way to solve this problem. Its production must consider to production's cost and environmental safety. Presently, hydrogen energy is being interested around the world. It can be produced from many resources that are high potential, high energy and transform easily to other energy. Sustainable and cost competitive hydrogen production process is a key to a viable future hydrogen economy. Hydrogen can be produced via various process technologies that depend on type of raw materials, such as natural gas, coal, nuclear power, and renewable resources (biomass, algae, bacteria, water and wastewater). It is stored in liquid status in the well absorbed container and utilized in the form of fuel cell.

Keywords : fuel cell, energy, environment, hydrogen

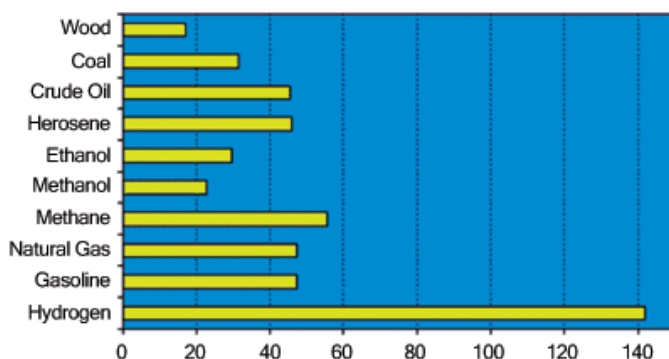
คำนำ (Introduction)

ปัจจุบันปัญหาที่สำคัญของประเทศไทย คือ พลังงานมีราคาแพงและการขาดแคลนพลังงานโดยเฉพาะพลังงานฟอสซิล จำต้องมีการนำเข้าพลังงานในแต่ละปีมูลค่าหลายแสนบาท และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้น พลังงานนำเข้าที่สำคัญ คือ พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเฉพาะน้ำมันดีเซลที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งเมื่อสถานการณ์น้ำมัน ในตลาดโลกปรับตัวสูงขึ้น ทำให้ต้องนำเข้าน้ำมันในราคาที่แพง ส่งผลให้ราคาน้ำมันที่จำหน่ายในประเทศแพงขึ้น และทำให้ต้นทุนการผลิตทั้งในภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรมสูงตามไปด้วย (กระทรวงพลังงาน, 2549) รัฐบาลจึงหาวิธีการแก้ไขเพื่อลดการนำเข้าพลังงาน วิธีการหนึ่ง คือ การลดการใช้พลังงาน โดยรณรงค์ให้คนไทยทั้งประเทศประหยัดพลังงาน ซึ่งจะต้องทำอย่างต่อเนื่อง อีกวิธีการหนึ่ง คือ การหาพลังงานทดแทนภายในประเทศมาใช้ที่มีความยั่งยืนกว่าและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม พลังงานทดแทนที่สำคัญ คือ พลังงานจากพืชที่เรียกว่า เชื้อเพลิงชีวภาพ (Biofuel) (ธวัชชัย, 2548) โดยเป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากสิ่งมีชีวิตหรือผลผลิตจากการสร้างและสลายของสิ่งมีชีวิต เช่น มูลสัตว์ เป็นต้น (วิกิพีเดีย, 2549) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงความเป็นไปได้มากมายในการใช้เชื้อเพลิงอื่น ๆ แทนการใช้ น้ำมัน เช่น ก๊าซธรรมชาติ มีเทน หรือแอลกอฮอล์ในรูปแบบต่าง ๆ แต่อย่างไรก็ตาม เชื้อเพลิงเหล่านี้ยังคงไม่ใช่ตัวเลือกที่ดีที่สุดในการผลิตพลังงานทดแทน เพราะปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงมากที่สุด คือ ด้านต้นทุนการผลิตและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พลังงานไฮโดรเจนนับเป็นพลังงานทดแทนรูปแบบหนึ่งที่หลายคนอาจจะมองข้ามไป โดยไฮโดรเจน

เป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง สามารถปลดปล่อยพลังงานได้ปริมาณมาก
ผลิตได้จากหลายแหล่ง และเป็นพลังงานที่สามารถแปลงเป็นพลังงาน
อื่นได้ง่าย (Energy Plus, 2547)

ภูมิหลังของก๊าซไฮโดรเจน (Background of Hydrogen Gas)

จากวิกฤตการณ์พลังงานในช่วงทศวรรษที่ 70 ที่ราคาน้ำมันพุ่งขึ้น
สูงเป็นประวัติการณ์จนส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจโลก ส่งผลให้มีการ
ค้นคว้าหาแหล่งพลังงานอื่น ๆ มาทดแทนการใช้น้ำมัน ซึ่งในขณะนั้น
ก๊าซไฮโดรเจนได้ก้าวเข้ามาเป็นทางเลือกที่จะนำมาทดแทนน้ำมันใน
อนาคตด้วยคุณสมบัติดีเด่นหลายประการ เช่น ให้พลังงานต่อหน่วยได้
สูงสุดเมื่อเทียบกับบรรดาเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ (ภาพที่ 1) จึงได้มีการริเริ่ม
มาใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงในจรวดขับเคลื่อนสำหรับส่งยานอวกาศ เพราะ
สามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์และไม่ก่อให้เกิดมลพิษ อันเป็นจุดเด่น
ของการเป็นพลังงานสะอาด (Clean Energy) โดยผลิตผลที่เกิดจากการ
เผาไหม้มีเพียงน้ำเท่านั้น



ภาพที่ 1 เปรียบเทียบการให้พลังงาน (MJ/Kg) ของเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ
ที่มา : กิตติศักดิ์ (2549)

อย่างไรก็ตามในเวลาต่อมาเมื่อราคาน้ำมันลดลง ความสนใจในการใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงก็ซาลงไป จนกระทั่งในทศวรรษที่ 90 เมื่อโลกเริ่มตื่นตัวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) ทำให้ก๊าซไฮโดรเจนกลับมาเป็นทางเลือกที่น่าสนใจอีกครั้ง เพราะเป็นพลังงานสะอาดและไม่เป็นก๊าซเรือนกระจกเหมือนอย่างเช่นก๊าซมีเทน แต่การกลับมาของก๊าซไฮโดรเจนในครั้งนี้ต่างไปจากเดิม เพราะไม่ได้มองก๊าซไฮโดรเจนในฐานะเป็นเชื้อเพลิงเพื่อการเผาไหม้แบบเดียวกับน้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติ แต่ได้นำมาเป็นแหล่งพลังงานสำหรับเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยเซลล์เชื้อเพลิงสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างก๊าซไฮโดรเจนกับก๊าซออกซิเจนจากอากาศ และไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ต่างไปจากการผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่งใช้พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอื่น ๆ เช่น ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ หรือแม้แต่การใช้พลังงานนิวเคลียร์

คุณสมบัติของไฮโดรเจน (Hydrogen Characteristics)

ไฮโดรเจนเป็นธาตุที่เบาที่สุดและเป็นองค์ประกอบของน้ำที่เป็นปัจจัยที่สำคัญมากที่สุดของสิ่งมีชีวิตบนโลก เป็นโมเลกุลที่พบได้ทั่วไปตามธรรมชาติ โดยบรรยากาศในโลกมีก๊าซไฮโดรเจนประมาณ 0.1 ppm มีความแข็งแรงในการยึดโมเลกุล เท่ากับ 104 kcal/mol ดังนั้น เมื่อต้องการให้ไฮโดรเจนโมเลกุลทำปฏิกิริยา จึงต้องให้พลังงานเพื่อทำลายความแข็งแรงในการยึดโมเลกุลดังกล่าว เช่น เพิ่มอุณหภูมิ หรือใช้สารเร่งปฏิกิริยา เป็นต้น ไฮโดรเจนอะตอมประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่กลางภายในนิวเคลียส ประกอบด้วยโปรตอนและนิวตรอน และมีอิเล็กตรอน

จํวรงบนอกเหมือนธาดูอื่น ๆ ไฮโดรเจนมี 3 ไอโซโทป ขึ้นกับจํนวนโปรตอนและจํนวนนิวตรอนที่ต่างกัน ดังนี้

1. ไฮโดรเจน (Hydrogen) มีจํนวนโปรตอน 1 โปรตอน จํนวนนิวตรอน 1 นิวตรอน มีน้ำหนักอะตอม เท่ากับ 1.0078

2. ดิวเทอเรียม (Deuterium) มีจํนวนโปรตอน 2 โปรตอน จํนวนนิวตรอน 1 นิวตรอน มีน้ำหนักอะตอม เท่ากับ 2.0141

3. ทริเทียม (Tritium) มีจํนวนโปรตอน 3 โปรตอน จํนวนนิวตรอน 1 นิวตรอน มีน้ำหนักอะตอม เท่ากับ 3.0161

ลักษณะทั่วไปของไฮโดรเจนทั้ง 3 สถานะ คือ ไฮโดรเจนที่เป็นของแข็งจะไม่มีสี มีโครงสร้างผลึก 6 เหลี่ยม ปริมาตรต่อโมล (Molar Volume) เท่ากับ $2.56 \text{ cm}^3/\text{mol}$ ส่วนไฮโดรเจนที่เป็นของเหลวจะไม่มีสี มีค่าความหนืด (Viscosity) ต่ำ เคลื่อนที่ได้เร็ว ขณะที่ไฮโดรเจนที่เป็นก๊าซจะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่เป็นพิษ ก๊าซไฮโดรเจน 1 ลิตร มีมวล 0.0898 กรัม (กระทรวงพลังงาน, 2549)

การผลิตไฮโดรเจน (Hydrogen Production)

Department of Energy (2006) รายงานว่า การผลิตไฮโดรเจนสามารถผลิตได้จากหลายแหล่ง คือ จากก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน พลังงานนิวเคลียร์ หรือแหล่งทรัพยากรทดแทน กระบวนการผลิตแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ

1. Thermochemical Processes เป็นการใช้อนุความร้อนในการเปลี่ยนมวลชีวภาพ ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน ให้กลายเป็นก๊าซผสมและแยกไฮโดรเจนออกมา

2. Photobiological Processes ใช้แสงแดดและกระบวนการทางชีวภาพของสาหร่ายเซลล์เดียวและแบคทีเรีย ในการแยกน้ำให้เป็นไฮโดรเจนและออกซิเจน

3. Photoelectrochemical Processes ใช้เทคโนโลยีของ Semiconductor เพื่อแยกน้ำ โดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์

ประเทศไทยมีวัตถุดิบหลายชนิดที่สามารถผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้ โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับพืชไร่ ซึ่งสามารถผลิตสารตั้งต้น คือ แอลกอฮอล์กลุ่มต่าง ๆ เพื่อใช้ในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน พืชไร่ที่สำคัญ ได้แก่ กลุ่มพืชที่ให้น้ำตาล เช่น อ้อย หรือพืชจำพวกแป้ง เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวฟ่าง ข้าวบาร์เลย์ หรือมันสำปะหลัง ซึ่งในขนาดพืชไร่ที่กล่าวมานี้ อาจจะมีชนิดใดชนิดหนึ่งที่ได้รับการยอมรับในการนำมาเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนสำหรับประเทศไทยก็ได้ และเมื่อถึงเวลานั้นถือได้ว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับพืชและเป็นการเลือกให้กับเกษตรกรในการเพาะปลูกพืช นอกจากนี้ยังอาจเป็นการเปลี่ยนทิศทางการของประเทศไทยครั้งใหญ่จากผู้ซื้อพลังงานกลายมาเป็นผู้ขายพลังงานก็เป็นได้

การจัดเก็บไฮโดรเจน (Hydrogen Storage)

ในการเก็บรักษาก๊าซไฮโดรเจน สามารถใช้ตัวดูดซับเพื่อเก็บรักษาก๊าซไฮโดรเจนได้ 2 ชนิด คือ

1. Metal Hydrides เป็นตัวดูดซับและเก็บรักษาก๊าซไฮโดรเจน และสามารถปลดปล่อยออกมาได้เมื่อต้องการนำก๊าซไฮโดรเจนไปใช้ประโยชน์

2. Carbon Nanostructures เป็นตัวดูดซับที่มีโครงสร้างที่เป็นรูพรุนขนาดเล็กมาก สามารถกักเก็บก๊าซไฮโดรเจนไว้ได้ที่อุณหภูมิห้อง

เศรษฐกิจแบบไฮโดรเจน (Hydrogen Economy)

ไฮโดรเจนเป็นพลังงานที่สามารถผลิตได้จากสิ่งที่อยู่รอบตัว ปัจจุบันจึงได้ถูกนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในจรวดขับเคลื่อนสำหรับส่งยานอวกาศ และเป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ ที่เรียกว่า เซลล์เชื้อเพลิง ซึ่งในอนาคตเซลล์เชื้อเพลิงจะเข้ามามีบทบาทในการเปลี่ยนวิถีการดำรงชีวิตของมนุษย์ เนื่องจากไม่มีกลุ่มประเทศใดมีอิทธิพลเป็นพิเศษ อีกทั้งยังเป็นเชื้อเพลิงที่สะอาด ปราศจากมลพิษ ระบบการผลิตสามารถสร้างในรูปแบบครัวเรือนและชุมชนได้ ซึ่งจะทำให้เวทีการค้าด้านพลังงานของโลกเปลี่ยนไปอย่างสิ้นเชิง กลุ่มประเทศผู้ผลิตน้ำมันและกลุ่มบริษัทน้ำมันยักษ์ใหญ่ที่เคยผูกขาดตลาดโลกและมีอิทธิพลเรื่องพลังงานมาเป็นเวลาหลายศตวรรษ อาจสูญเสียอำนาจอิทธิพลไป จะเป็นการบริหารจัดการด้านพลังงานที่กลับคืนมาสู่ภาคประชาชนและก่อให้เกิดความยั่งยืนอย่างแท้จริง ซึ่งหากยุคเศรษฐกิจไฮโดรเจนเกิดขึ้นและสามารถทดแทนพลังงานจากฟอสซิลได้สำเร็จ ศูนย์กลางของระบบเศรษฐกิจไฮโดรเจนจะกลายเป็นประเทศใดก็ได้ เพราะเป็นเทคโนโลยีที่มีราคาถูก ดังนั้น การค้นหาเทคโนโลยีการผลิตที่มีประสิทธิภาพและต้นทุนต่ำมากที่สุดในช่วงนี้จึงเป็นสิ่งที่หลายประเทศต้องการ ปัจจุบันจึงเกิดการพัฒนาเทคโนโลยีชนิดนี้อย่างไม่หยุดยั้ง (Energy Plus, 2547) ขณะที่ในประเทศไทยมีการผลิตก๊าซไฮโดรเจนซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมีอยู่บ้างแล้ว โดยโรงงานจะใช้ก๊าซ

ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไอน้ำ แต่ปริมาณที่ใช้ยังมีอยู่น้อยมาก ดังนั้น กลยุทธ์หลักของการพัฒนาไปสู่ยุคดังกล่าว คือ การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตอย่างไม่หยุดยั้ง แต่ประเทศไทยยังมีความต้องการในการผลิตและใช้ก๊าซเชื้อเพลิงไฮโดรเจนในประเทศ (พิศมัย, 2548) ดังนี้

1. ปัญหาการรวบรวมและขนส่งวัสดุทางการเกษตร เนื่องจากอยู่กระจัดกระจาย
2. เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตพลังงานจากชีวมวล ส่วนใหญ่นำเข้าจากต่างประเทศ
3. ไม่มีเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต Syngas (H_2 , CO)
4. บางเทคโนโลยีที่นำเข้ามีราคาสูง แต่มีประสิทธิภาพต่ำและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
5. ขาดความรู้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

จากปัญหาดังกล่าว ประเทศไทยจำเป็นต้องมีการศึกษาแนวทางการแก้ไขเพื่อเตรียมความพร้อมของประเทศ โดยการสร้างความร่วมมือและแลกเปลี่ยนเทคโนโลยีกับต่างประเทศ รวมทั้งต้องมีการเรียนรู้และพัฒนาเทคโนโลยีด้วยตนเอง เพื่อให้สามารถพึ่งตนเองได้ในระยะยาว เพราะในอนาคตประเทศไทยอาจจะเป็นประเทศหนึ่งที่มีการผลิตก๊าซไฮโดรเจนเพื่อใช้ในประเทศและ/หรือส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศก็ได้

การใช้ประโยชน์ (Utilization)

การใช้ประโยชน์จากก๊าซไฮโดรเจน จะขึ้นอยู่กับรูปของเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell) ซึ่งสามารถแบ่งได้ตามอุณหภูมิการทำงานของเซลล์หรือตามสารอิเล็กโทรไลต์หรือสารนำไฟฟ้าที่ใช้ในปฏิกิริยาที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับเซลล์เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

Fuel Cell System	Temperature Range	Efficiency (Cell)	Electrolyte	Application Area
Alkaline Fuel Cell (AFC)	60 – 80 °C	50 – 60 %	50 – 60 % KOH	Space Applications/ Traction Applications
Polymer Electrolyte Fuel Cell (PEFC)	50 – 80 °C	50 – 60 %	Polymer Membrane (Nation/Dow)	Traction Applications/ Space Applications
Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC)	160 – 220 °C	55 %	Concentrated Phosphoric Acid	Predominantly Dispersed Power Applications
Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC)	620 – 660 °C	55 – 65 %	Molten Carbonate Melts (U ₂ CO ₃ /Na ₂ CO ₃)	Power Generation
Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)	800 – 1,000 °C	No Data	Yttrium – stabilized Zrkonofoxide (ZrO ₂ /YN ₂ O ₃)	Power Generation

ที่มา : Energy Plus (2547)

ไฮโดรเจนสามารถใช้ในการผลิตพลังงานในระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาวได้ สามารถนำมาใช้เป็นเซลล์เชื้อเพลิงในรถยนต์ โดยในขณะนี้ประเทศเยอรมนีซึ่งถือว่าเป็นประเทศที่มีเทคโนโลยีที่ทันสมัย มีการทดลองผลิตไฮโดรเจนจากแอลกอฮอล์เพื่อนำมาใช้ในภาคการขนส่ง โดยมีสถานีเก็บไฮโดรเจนเหลวที่ทำอากาศยานมิวนิค นอกจากนี้ก๊าซไฮโดรเจนยังสามารถนำไปผลิตความร้อนและผลิตกระแสไฟฟ้าได้ในกระบวนการผลิตบางวิธี นอกจากพลังงานที่ได้แล้วยังเกิดผลพลอยได้ที่ มีมูลค่าและเป็นที่ต้องการของตลาด (ตารางที่ 2) โดยเฉพาะการผลิตไฮโดรเจนจากสาหร่ายหรือแบคทีเรียในกระบวนการ Photobiological Processes

ตารางที่ 2 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตก๊าซไฮโดรเจน

ผลิตภัณฑ์		ราคา (US. ดอลลาร์/ กก.)	ความต้องการ ของตลาด (ล้าน US. ดอลลาร์)
Biomass	Health Food	15 – 28	180 – 200
	Functional Food	25 – 52	Growing
	Feed Additive	10 – 130	Fast Growing
	Aquaculture	50 – 150	Fast Growing
	Soil Conditioners	>10	Promising
Coloring	Astaxanthin	>3,000	>50
Substances	Phycocyanin	>500	>10
	Phycocerythrin	>10,000	>2

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์		ราคา (US. ดอลลาร์/ กก.)	ความต้องการ ของตลาด (ล้าน US. ดอลลาร์)
Antioxidants	Beta – carotene	>750	>25
	Superoxide	>4,000	Promising
	Dismutase	30 – 40	Stagnant
	Tocopherol	20 – 35	12 – 20
	AO – extracts		
PUFA	ARA	No Data	20
	EPA	No Data	>500
	DHA (Omega 3)	No Data	30
	PUFA – extracts	30-80	10
Special	Toxins	No Data	1 – 3
Products	Isotopes	No Data	<5

ที่มา : เกียรติศักดิ์ (2549)

ข้อจำกัดและแนวทางแก้ไข (Restriction and Their Solutions)

ถึงแม้พลังงานไฮโดรเจนจะเป็นพลังงานที่มีประสิทธิภาพ แต่พบว่าการผลิตยังมีต้นทุนสูง เนื่องจากต้องทำในระบบปิด รวมไปถึงการเพิ่มผลผลิตของก๊าซที่ได้ในแต่ละครั้ง นอกจากนี้ยังเกิดปัญหาในการจัดเก็บ โดยเฉพาะการผลิตในเชิงพาณิชย์ ซึ่งต้องมีภาชนะขนาดใหญ่และเพียงพอในการจัดเก็บ รวมไปถึงความปลอดภัยในการใช้งาน แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตที่มีต้นทุนสูงอยู่ในขณะนี้ สามารถขจัดเสียได้โดยการพยายามเพิ่มผลผลิตในแต่ละครั้ง และการเก็บเกี่ยวรายได้

จากผลพลอยได้ในการผลิตตามตารางที่ 2 รวมไปถึงการค้นหาล้าง
วัตถุดิบใหม่ ๆ ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน และต้องมีการ
พัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่มีประสิทธิภาพสูงอย่างต่อเนื่อง (เกรียงศักดิ์,
2549; Energy Plus, 2547)

สรุป (Conclusion)

พลังงานไฮโดรเจนกำลังเป็นพลังงานคลื่นลูกใหม่สำหรับ
ศตวรรษที่ 21 โดยประเทศไทยในฐานะที่เป็นประเทศที่มีการบริโภค
พลังงานและมีการนำเข้าในปริมาณที่สูง โดยเฉพาะการใช้ในภาคการ
ขนส่งที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานสิ้นเปลืองมาก รวมทั้งทำให้เกิดมลพิษ
อย่างมากต่อสิ่งแวดล้อม การลดการสิ้นเปลืองพลังงานและมลพิษจาก
ภาคขนส่ง นับเป็นสิ่งท้าทายของประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรม
ที่มีวัตถุดิบหลายชนิดที่สามารถใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตพลังงาน
ไฮโดรเจนได้ ไม่ว่าจะเป็นพืชที่มีส่วนประกอบของน้ำตาลหรือพืชจำพวก
แป้ง สหรัยหรือแบคทีเรียบางชนิด น้ำ รวมไปถึงน้ำเสีย แต่ทั้งนี้
จะต้องแก้ไขปัญหาในการผลิตดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงจะทำให้
ประเทศไทยสามารถพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฮโดรเจนเพื่อ
อนาคตได้ ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมเพื่อเข้าสู่ยุคเศรษฐกิจ
ไฮโดรเจนต่อไป

บรรณานุกรม

กระทรวงพลังงาน. 2549. (20 พฤษภาคม). **รู้เพื่อเรื่องพลังงาน.**

(Online). Available URL: [http://www.energy.go.th/](http://www.energy.go.th/th/knowledgeDetail.asp?Id=36)

[th/knowledgeDetail.asp?Id=36](http://www.energy.go.th/th/knowledgeDetail.asp?Id=36)

กิตติศักดิ์ หยกทองวัฒนา. 2549. (4 มิถุนายน). **ก๊าซไฮโดรเจน แหล่งพลังงาน**

ทดแทนที่ไม่มีวันสูญสิ้น. (Online). Available URL:

<http://www.vcharkam.com/include/article/showarticle.php?Aid=163>

เกรียงศักดิ์ เลิศประภามงคล. 2549. (10 มิถุนายน). **พลังงานสะอาด**

จากเทคโนโลยีชีวภาพ ตอนที่ 1 :เทคโนโลยีชีวภาพพลัง

แสงอาทิตย์. (Online). Available URL:

[http://www.thaiscience.com/ lab_vol/p14/p14%](http://www.thaiscience.com/lab_vol/p14/p14%)

ธวัชชัย ศุภดิษฐ์. 2548. **สิ่งแวดล้อม นิเวศวิทยา และการจัดการ.**

พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : บ้านพิมพ์การพิมพ์.

พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล. 2548. พลังงานทดแทนจากชีวมวล

(Biofuels). เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ พลังงาน

ทดแทน...พลังงานเพื่ออนาคต. 26 พฤษภาคม พ.ศ. 2548 ณ

ศูนย์การแสดงสินค้าอิมแพ็ค เมืองทองธานี จังหวัดนนทบุรี.

วิกิพีเดีย. 2549. (30 พฤษภาคม). **เชื้อเพลิงชีวภาพ.** (Online).

Available URL: <http://th.wikipedia.org/wiki>

Department of Energy. 2006. (March, 6). **Hydrogen Production.**

(Online). Available URL: <http://>

www.hydrogen.energy.gov/production.html.

Energy Plus. 2547. ไฮโดรเจน เชื้อเพลิงแห่งอนาคต. **นวัตกรรมและ**

เทคโนโลยี. 2 (เมษายน – มิถุนายน) : 24 – 27.