

แบบสรุปผู้บริหาร
[Executive Summary]

1. รายละเอียดเกี่ยวกับแผนงานวิจัย / โครงการวิจัย

1.1 ชื่อแผนงานวิจัย

การใช้นาโนเทคโนโลยีในผลิตก๊าซไฮโดรเจนเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทางเลือก และพลังงานสะอาด
Nanotechnology for the production of hydrogen as an alternative energy and clean energy

ชื่อโครงการวิจัยภายใต้แผนงานวิจัย

โครงการวิจัยชุดที่ 1

การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานาโนในกระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากเมทานอลด้วยวิธีปฏิรูปไอน้ำ
The use of nano-catalyst in methanol steam reforming reaction for hydrogen production

โครงการวิจัยชุดที่ 2

การเตรียมถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือใช้เพื่อเป็นตัวรองรับคะตะลิสต์
Preparation of activated carbon from waste as catalyst supports

โครงการวิจัยชุดที่ 3

การเตรียมอัลจินทรวรรณกับไคโตซานในการตรึงเซลล์จุลสาหร่ายระดับอนุภาคนาโนเพื่อผลิตก๊าซไฮโดรเจน
Preparation of alginate and chitosan nano-particles used for immobilization of microalgae to produce hydrogen gas

1.2 ชื่อคณะผู้วิจัย

ผู้อำนวยการแผนงาน

รองศาสตราจารย์ ดร.เอกรัตน์ วงษ์แก้ว

ผู้ร่วมงานวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร.เอกรัตน์ วงษ์แก้ว
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข
อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131
โทรศัพท์ 0 3810 2222 ต่อ 3358 กด 14 โทรสาร 0 3810 2222 ต่อ 3355
Email address: akkarat@buu.ac.th

2. ดร.ศรีสุตา แซ่อึ้ง

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ที่ตั้ง 169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

โทรศัพท์: 0-3810-2222 ต่อ 3353 ต่อ 116 โทรสาร: 0-3874-5806

E-mail: srisudas@eng.buu.ac.th

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ่มเอียด

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ที่ตั้ง 169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

โทรศัพท์: 0-3810-2222 ต่อ 3350 โทรสาร: 0-3874-5806

E-mail: witawat@eng.buu.ac.th

1.3 งบประมาณและระยะเวลาทำวิจัย

ได้รับงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๕ งบประมาณที่ได้รับ ๑,๒๒๘,๐๐๐ บาท (หนึ่งล้านสองแสนสองหมื่นแปดพันบาทถ้วน) ระยะเวลาทำวิจัย ตั้งแต่ กรกฎาคม ๒๕๕๕ ถึง ธันวาคม ๒๕๕๖

2. สรุปโครงการวิจัย

2.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

สืบเนื่องจากสภาวะการขาดแคลนเชื้อเพลิง นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของราคาน้ำมันดิบในปัจจุบัน และปัญหาจากมลพิษทางอากาศ ที่มีสาเหตุมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอย่างไม่สมบูรณ์ของกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงทั้งโรงงานอุตสาหกรรม และยานยนต์ จึงทำให้มีความพยายามในการหาเชื้อเพลิงรูปแบบอื่นมาทดแทน และใช้กับระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยไม่ผ่านการเผาไหม้ซึ่งเรียกว่าเซลล์เชื้อเพลิง ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การผลิตก๊าซไฮโดรเจนเพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าผ่านเซลล์เชื้อเพลิงแบบเยื่อเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน ทั้งนี้ถือว่าเป็นพลังงานสะอาด ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ โดยศึกษาวิธีการผลิตก๊าซไฮโดรเจน 2 วิธี ได้แก่ การผลิตผ่านปฏิกิริยาปฏิรูปเมธานอลด้วยไอน้ำ และการผลิตโดยใช้จุลสาหร่ายที่มีตรึงเซลล์

2.2 รายละเอียดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การวิจัย วัตถุประสงค์หลักของแผนงานวิจัยการใช้นาโนเทคโนโลยีในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทางเลือก และพลังงานสะอาด คือการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากวิธีการต่างกัน เพื่อนำไปใช้กับเซลล์เชื้อเพลิงแบบเยื่อเมมเบรน โดยมีวัตถุประสงค์ย่อยของแต่ละโครงการดังนี้

1. พัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาคอมโพสิตออกไซด์ของโลหะทรานซิชัน เพื่อใช้ในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากเมธานอลผ่านวิธีการปฏิรูปด้วยไอน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์ย่อย คือ เพื่อศึกษาปริมาณและสภาวะในการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อให้ผลิตก๊าซไฮโดรเจนในปริมาณมาก โดยมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในปริมาณน้อย รวมไปถึงการศึกษาเสถียรภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา

2. ผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือใช้ เพื่อนำถ่านกัมมันต์ที่ได้ไปใช้เป็นตัวรองรับให้กับตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อใช้ในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน ทั้งนี้จะใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมกับซีเรียม เซอร์โคเนียมออกไซด์

3. ผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากสาหร่าย โดยใช้วิธีตรึงเซลล์จุลสาหร่าย วิธีนี้ช่วยยืดอายุของจุลสาหร่ายให้สามารถผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้หลายครั้ง

2.3 รายละเอียดเกี่ยวกับระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจาก 2 วิธี ได้แก่วิธีปฏิรูปเมธานอลด้วยไอน้ำ และการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากจุลสาหร่ายที่ถูกตรึง ในวิธีแรก จะเป็นการพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยากลุ่มแพลทินัม โดยการเติมสารโปรโมท และการเตรียมตัวรองรับจากเปลือกมังคุด เพื่อใช้ในการเร่งปฏิกิริยา และวิธีที่ 2 จะเป็นการศึกษาสภาวะที่ส่งผลกระทบต่อภาระเจริญเติบโตและการอยู่รอดของเซลล์จุลสาหร่ายที่ถูกตรึง เพื่อใช้ในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน ระเบียบวิธีวิจัยของแต่ละโครงการวิจัยย่อยมีรายละเอียดดังนี้

โครงการวิจัยย่อยที่ 1 จะแบ่งวิธีการดำเนินงานวิจัยเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยากลุ่มแพลทินัม โดยตัวรองรับที่ใช้อลูมิเนียมออกไซด์ที่มีการเติมสารซีเรียมออกไซด์ เซอร์โคเนียมออกไซด์ และซิงค์ออกไซด์ ในการเตรียมจะเริ่มที่การเตรียมตัวรองรับ ด้วยวิธีตกตะกอนร่วม และเติมโลหะด้วยวิธีอิมเพอร์เนชันหรือวิธีฝังเคลือบ กำหนดให้ปริมาณซีเรียมออกไซด์และเซอร์โคเนียมออกไซด์คงที่ ที่ร้อยละ 32 และ 8 โดยน้ำหนักตามลำดับ ส่วนที่เหลือของตัวรองรับเป็นร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ประกอบด้วยซิงค์ออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์ โดยปริมาณของโลหะออกไซด์ทั้งสองจะเป็นตัวแปรศึกษา เมื่อเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาได้แล้ว ขั้นตอนที่สอง เป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติเฉพาะ ได้แก่ ขนาดผลึก และโครงสร้างของผลึก วิเคราะห์ด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคชัน, พื้นที่ผิวจำเพาะและขนาดรูพรุนเฉลี่ย วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Autosorption 1 C และปริมาณองค์ประกอบ วิเคราะห์ด้วยเครื่อง EDX ในส่วนของขั้นตอนสุดท้าย คือการนำตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้ไปทดสอบความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาปฏิรูปเมธานอลด้วยไอน้ำ เพื่อใช้ในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน

โครงการวิจัยที่ 2 เป็นการเตรียมถ่านกัมมันต์เพื่อใช้เป็นตัวรองรับให้กับตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัม เพื่อใช้ในปฏิกิริยาปฏิรูปเมธานอลด้วยไอน้ำ ทั้งนี้ต้องมีการศึกษาปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับขนาดรูพรุน ปริมาตรรูพรุน และพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์ที่ได้ โดยถ่านกัมมันต์เตรียมจากเปลือกมังคุด ในขั้นตอนของการเตรียมจะศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อขนาดรูพรุน ได้แก่ การปรับสภาพเปลือกมังคุดก่อนนำไปกระตุ้น โดยเปรียบเทียบระหว่างการปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และไม่ปรับสภาพ จากนั้นเปลือกมังคุดที่ได้จากทั้งสองวิธีจะถูกนำไปทำให้เป็นถ่านกัมมันต์ผ่านวิธีการกระตุ้น 2 วิธี ได้แก่การกระตุ้นด้วยไอน้ำ และการกระตุ้นเชิงเคมีด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จากการทดลองถูกนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติโดยประมาณ ซึ่งได้แก่ ความชื้น, สารระเหย, คาร์บอนคงตัว และเถ้า โดยใช้วิธีตามมาตรฐาน ASTM E871-82, ASTM E872-82, และ D1102-84, ศึกษาพฤติกรรมการสลายตัวทางความร้อนของถ่านกัมมันต์ ด้วยเครื่อง Thermo-gravimetric Analysis, ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะเพื่อแสดงคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ ใช้วิธีการ Brunauer-Emmett-Teller (BET) โดยใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นก๊าซในการดูดซับ, วิเคราะห์พื้นผิวโดยใช้ลำแสงอิเล็กตรอนด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope เพื่อศึกษาลักษณะพื้นผิว, และตรวจสอบและศึกษาเกี่ยวกับโมเลกุลของสาร สำหรับศึกษาโครงสร้างของสารอินทรีย์ หาหมู่ฟังก์ชัน และหาสารที่ปนเปื้อน ด้วยเทคนิค Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy

โครงการวิจัยที่ 3 เป็นการศึกษาการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากจุลสาหร่ายที่ถูกตรึงเซลล์ให้มีขนาดระดับนาโน โดยวิธีการทดลองจะเริ่มต้นด้วยการการคัดเลือกสายพันธุ์สาหร่าย และทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมที่สามารถผลิตมวลและผลิตก๊าซรวมได้สูงสุด ซึ่งจะทำให้การศึกษาสาหร่าย 2 สายพันธุ์ คือ Amphora และ Spirulina เพื่อทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมวลและก๊าซไฮโดรเจนสูงสุดจากสาหร่าย และทำการเปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนและอัตราการผลิตมวลจากสาหร่ายทั้งสองสาย

พันธุ์ ทำการคัดเลือกสายพันธุ์สาหร่าย 1 สายพันธุ์ที่มีความสามารถผลิตมวลและก๊าซรวมได้สูงสุดในสภาวะที่เหมาะสม ตัวแปรศึกษาได้แก่ สภาวะความเป็นกรด-เบส เมื่อได้ผลการทดลองแล้ว จะเลือกสาหร่ายเพียง 1 สายพันธุ์ เพื่อทดลองเลี้ยงด้วยการตรึงเซลล์ โดยศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของเม็ดตรึงและการเจริญและการอยู่รอดของเซลล์จุลสาหร่ายภายในเม็ดตรึง ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ ปริมาณที่เหมาะสมระหว่างสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ และสารละลายสตรอนเทียมคลอไรด์ที่ใช้ในการฟอร์มตัวเป็นเม็ด, สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการตรึงเซลล์ด้วยอัลจิเนท เช่น ความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนท ปริมาณของจุลสาหร่าย, ระยะเวลาที่เหมาะสมในการฟอร์มตัวของอัลจิเนท และการตรึงเซลล์ด้วยอัลจิเนทโดยมีการเคลือบด้วยไคโตซาน เป็นต้น

2.4 ผลการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 1 เป็นการพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยากลุ่มแพลทินัม โดยการนำซิงค์ออกไซด์มาใช้ร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมบนตัวรองรับประเภทโลหะผสมซีเรียออกไซด์ เซอร์โคเนียมออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์ เพื่อใช้ในปฏิกิริยารีฟอร์มมิงเมทานอลด้วยไอน้ำ พบว่าช่วยทำให้การเร่งปฏิกิริยาเกิดได้ดี ทั้งนี้ผลการเร่งปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับปริมาณซิงค์ออกไซด์ที่ใช้ นำไปสู่คุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ ขนาดผลึกของโลหะค่าขนาดรูพรุน และพื้นที่ผิวจำเพาะ โดยจากการศึกษาปริมาณซิงค์ออกไซด์ต่ออลูมิเนียมออกไซด์ พบว่าที่อัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของซิงค์ออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์เป็น 50:50 ให้พื้นที่ผิวจำเพาะสูงกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาอื่นโดยมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงสุดคือ 220.2 ตารางเมตรต่อกรัม และยังพบว่าปริมาณซิงค์ออกไซด์ในตัวเร่งปฏิกิริยานี้ ส่งผลกระทบต่อปริมาณพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อปริมาณของซิงค์ออกไซด์มากขึ้น จะทำให้พื้นที่ผิวจำเพาะของตัวเร่งปฏิกิริยาลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของขนาดผลึกของตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อนำตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้ไปทดสอบการเร่งปฏิกิริยา พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมร่วมกับ ซิงค์ออกไซด์บนตัวรองรับประเภทโลหะผสมซีเรียออกไซด์ เซอร์โคเนียมออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์ที่อัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของซิงค์ออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์ เป็นร้อยละ 10:90 มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงเมทานอลคอนเวอร์ชันสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนอื่น โดยที่อุณหภูมิ 340 องศาเซลเซียส มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงเมทานอลคอนเวอร์ชันเท่ากับ 42.0 และมีค่าร้อยละการเลือกเกิดปฏิกิริยาของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ เมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่น อีกทั้งการเพิ่มปริมาณของซิงค์ออกไซด์ในตัวเร่งปฏิกิริยาส่งผลให้ค่าการเลือกเกิดปฏิกิริยาของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น ในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของซิงค์ออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์ ในร้อยละ 10:90 ร้อยละ 20:80 ร้อยละ 30:70 และ ร้อยละ 40:60 ถึงแม้ว่าค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงเมทานอลคอนเวอร์ชันของตัวเร่งปฏิกิริยาทุกตัว ในช่วงอุณหภูมิที่ศึกษามีค่าน้อยกว่าร้อยละ 50 โดยสาเหตุที่ค่าร้อยละเมทานอลคอนเวอร์ชันมีค่าน้อย เป็นเพราะอัตราส่วนของเมทานอลต่อไอน้ำมีค่าสูงถึง 5:1 เป็นการเกิดปฏิกิริยาในสภาวะที่มีน้ำในปริมาณจำกัด (Limiting Reagent) จึงทำให้ปฏิกิริยาไม่สามารถเกิดได้อย่างสมบูรณ์ จากทฤษฎีสามารถคำนวณค่าเมทานอลคอนเวอร์ชันสูงสุดที่อัตราส่วนของเมทานอลต่อไอน้ำเป็น 5: 1 พบว่าได้ค่าเมทานอลคอนเวอร์ชันสูงสุด ประมาณร้อยละ 53.6 และจากการทดลองพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่อัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของซิงค์ออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์ เป็น 10:90 มีความว่องไวในการเร่งปฏิกิริยาได้ดีที่สุด และเกิดค่าเมทานอลคอนเวอร์ชันสูงสุด คือ ร้อยละ 42.0 ที่อุณหภูมิ 340 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเมทานอลคอนเวอร์ชันสูงสุดจากทฤษฎีแล้ว ค่าเมทานอลคอนเวอร์ชันที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยามีค่าที่สูง ดังนั้นจึงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

โครงการวิจัยที่ 2 เป็นการศึกษาวิธีเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุด เพื่อใช้เป็นตัวรองรับให้กับตัวเร่งปฏิกิริยาในโครงการวิจัยที่ 1 โดยใช้แทนอลูมิเนียมออกไซด์ จากการวิเคราะห์คุณสมบัติโดยประมาณของเปลือกมังคุด พบว่า มีค่าความชื้น 7.6%, เถ้า 3.8%, สารระเหย 70.2% และคาร์บอนคงตัว 18.4% จะเห็นได้ว่า เปลือกมังคุด มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุด ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีของวัตถุดิบในการเตรียมถ่านกัมมันต์ จากการทดลองพบว่าการกระตุ้นทางกายภาพด้วยไอน้ำ ไอน้ำจะทำหน้าที่เป็นก๊าซออกซิไดซ์ ทำให้เกิดรูพรุนในโครงสร้างถ่านกัมมันต์ แต่สำหรับการกระตุ้นทางเคมี นอกจากจะมีน้ำเป็นก๊าซออกซิไดซ์แล้วยังจะมีสารเคมีที่เข้าไปทำปฏิกิริยากับโครงสร้างของถ่านกัมมันต์ จึงทำให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีรูพรุนขนาดใหญ่กว่าการกระตุ้นทางกายภาพเพียงอย่างเดียว โดยการที่ถ่านกัมมันต์มีขนาดรูพรุนที่ใหญ่จะส่งผลทำให้พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ต่ำลง นอกจากนั้นแล้วยังพบอีกว่าการปรับสภาพวัตถุดิบก่อนการกระตุ้นส่งผลกระทบต่อโครงสร้างรูพรุนของถ่านกัมมันต์ โดยปรับสภาพวัตถุดิบสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะทำให้ผลได้ของถ่านกัมมันต์มีค่าลดลงมาก รูพรุนของถ่านกัมมันต์มีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ลดลง แต่ถ่านกัมมันต์มีปริมาณรูพรุนเพิ่มขึ้น และปรับสภาพวัตถุดิบหลังการกระตุ้นด้วยกรดไนตริกความเข้มข้น 5 โมลาร์ จะทำให้ผลได้ของถ่านกัมมันต์มีค่าลดลงเล็กน้อย รูพรุนที่มีขนาดเล็กมีน้อยลง แต่การปรับสภาพวัตถุดิบทั้งก่อน และหลังการกระตุ้นจะทำให้ขนาดรูพรุนใหญ่ นำไปสู่การลดลงของค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ ดังนั้นจากผลการทดลองทำให้ทราบสถานะในการเตรียมถ่านกัมมันต์เพื่อให้ได้พื้นที่ผิวจำเพาะสูง คือการกระตุ้นด้วยไอน้ำ และปรับสภาพด้วยกรดไนตริกหลักจากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ

โครงการวิจัยที่ 3 การผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากจุลสาหร่ายที่ถูกตรึงเซลล์ให้มีขนาดเล็ก ในงานวิจัยนี้จะเริ่มจากการคัดเลือกสายพันธุ์จุลสาหร่ายที่มีความสามารถในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน และได้จุลสาหร่าย 2 สายพันธุ์ได้แก่ Amphora และ Spirulina นำไปทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมวลและก๊าซไฮโดรเจนสูงสุด และทำการเปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนและอัตราการผลิตมวลจากสาหร่ายพบว่าจุลสาหร่ายสายพันธุ์ Spilurina sp. มีอัตราการเพิ่มมวลชีวภาพได้ดีที่สุด และสามารถผลิตแก๊สรวมได้สูงที่ค่าความเป็นกรด-เบส 10 ดังนั้นจุลสาหร่ายสายพันธุ์ Spilurina sp. จึงถูกเลือกเพื่อนำไปตรึงเซลล์ โดยศึกษาความเข้มข้นของตัวอัลจินต, ปริมาณเซลล์จุลสาหร่าย, เวลาที่ใช้ในการขึ้นรูป เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของเม็ด อัตราการเจริญเติบโตหรือการอยู่รอดของเซลล์ โดยพบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ ความเข้มข้นของอัลจินต 4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) หยดในสารละลายสตรอนเทียม 4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ปริมาณเซลล์ที่ใช้คือ 1.5 กรัม (แห้ง) ต่ออัลจินต 100 มิลลิลิตร และทำการแช่เม็ดอัลจินตทิ้งไว้ในสารละลายสตรอนเทียมคลอไรด์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง การเพิ่มความแข็งแรงให้กับเม็ดตรึงอัลจินต สามารถทำได้โดยการเคลือบด้วยไคโตซาน ความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานมีผลต่อความแข็งแรงของเม็ดตรึงโดยการเคลือบเม็ดตรึงด้วยไคโตซานที่มีความเข้มข้นมากเกินไปก็จะส่งผลให้เม็ดตรึงไม่แข็งแรง หลุดลอกได้ง่าย ส่วนเม็ดตรึงที่เคลือบด้วยไคโตซานที่มีความเข้มข้นพอเหมาะนั้น จะมีผลให้เม็ดตรึงอัลจินตมีความแข็งแรงและมีอายุการใช้งานได้นานขึ้น อาจเป็นผลมาจากคุณสมบัติบางประการของไคโตซาน และการทดลองยังพบว่าความเข้มข้นแสงไฟมีผลต่ออัตราการเจริญและการรอดชีวิตของเซลล์ เนื่องจากแสงที่มีความเข้มสูงทำให้เซลล์มีอัตราการเจริญที่เพิ่มขึ้นและอัตราการรอดชีวิตสูงกว่าแสงที่มีความเข้มต่ำ ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมคือ ใช้ความเข้มข้นของอัลจินต 4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) หยดให้เม็ดตรึงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร ในสารละลายสตรอนเทียม 4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ปริมาณเซลล์ที่ใช้คือ 1.5 กรัม (แห้ง) ต่ออัลจินต 100 มิลลิลิตร และทำการแช่เม็ดอัลจินตทิ้งไว้ในสารละลายสตรอนเทียมคลอไรด์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นเคลือบด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ และเลี้ยงที่ความเข้มแสง 6000 ลักซ์

2.5 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

ผลการทดลองที่ได้จากทั้ง 3 โครงการวิจัยย่อย ทำให้ทราบได้ว่าเราสามารถผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อใช้วิธีการปฏิรูปเมทานอลด้วยไอน้ำ โดยตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมที่มีการใช้ควบคู่กับซิงค์ออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ดี สามารถผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้ 0.34 ลิตรต่อชั่วโมง สำหรับการใช้อุณหภูมิในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน ถึงแม้ว่าปริมาณการผลิตก๊าซไฮโดรเจนต่ำ 31.6 ไมโครลิตรต่อชั่วโมง แต่การจัดเก็บจุลสาหร่ายด้วยวิธีการตรึงเซลล์จะทำให้เราประหยัดเนื้อที่ที่ใช้ในการเลี้ยงสาหร่ายได้ สามารถลดค่าใช้จ่ายในการผลิต ดังนั้นจึงต้องศึกษาวิธีการเพิ่มปริมาณการผลิตต่อไป ทั้งนี้ก๊าซไฮโดรเจนที่ได้รับจากจุลสาหร่ายมีข้อดี คือมีความบริสุทธิ์สูงกว่าที่ผลิตผ่านวิธีปฏิรูปด้วยไอน้ำ การเลือกใช้วิธีการผลิตก๊าซไฮโดรเจนทั้งสองวิธีควบคู่กันจึงเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งที่น่าสนใจ

3. บทคัดย่อภาษาไทยและบทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาวิธีการผลิตก๊าซไฮโดรเจน เพื่อนำไปใช้กับเซลล์เชื้อเพลิงแบบเยื่อเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน โดยมีโครงการย่อยทั้งหมด 3 โครงการ ในโครงการย่อยที่ 1 จะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา กลุ่มแพลทินัมร่วมกับซิงค์ออกไซด์บนตัวรองรับโลหะออกไซด์ผสมซีเรียออกไซด์ เซอร์โคเนียออกไซด์ และอลูมินาออกไซด์ การทดสอบความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาปฏิรูปเมทานอลด้วยไอน้ำ กำหนดสภาวะทดสอบคืออัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำในสายป้อนเป็น 5:1 พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีปริมาณอัตราส่วนของซิงค์ออกไซด์และอลูมินาออกไซด์ ร้อยละ 10 และ 90 โดยน้ำหนัก ให้พื้นที่ผิวจำเพาะสูงถึง 192.8 ตารางเมตรต่อกรัม แสดงความสามารถในการเร่งปฏิกิริยารีฟอร์มมิงเมทานอลด้วยไอน้ำได้ดี ซึ่งพบว่ามีค่าคอนเวอร์ชันของเมทานอล ร้อยละ 42 ที่อุณหภูมิ 340 องศาเซลเซียส สามารถผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้ 0.34 ลิตรต่อชั่วโมง

โครงการวิจัยย่อยที่ 2 เป็นการศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดเพื่อใช้เป็นตัวรองรับให้กับตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัม จากการทดลองพบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการปรับสภาพก่อนการกระตุ้น มีขนาดรูพรุนที่กว้างขึ้น ถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการปรับสภาพหลังการเตรียมถ่านกัมมันต์จะเกิดการเกาะขึ้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ซึ่งคาดว่าเป็นสารหมู่ออกซิเจน การกระตุ้นทางกายภาพจะให้พื้นที่ผิวมากกว่าการกระตุ้นทางเคมี เพราะการกระตุ้นทางเคมีทำให้เกิดรูพรุนขนาดใหญ่จำนวนมาก พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์จึงลดลง ดังนั้นสภาวะในการเตรียมถ่านกัมมันต์เพื่อให้ได้พื้นที่ผิวจำเพาะสูงคือการกระตุ้นด้วยไอน้ำและปรับสภาพด้วยกรดไนตริกหลังจากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ

โครงการวิจัยย่อยที่ 3 เป็นการศึกษาตรึงเซลล์จุลสาหร่ายกับวัสดุเพื่อเกาะยึด นำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงจุลสาหร่ายที่ผลิตก๊าซไฮโดรเจน เนื่องจากจะสามารถลดขั้นตอนในการเก็บเกี่ยวและยืดอายุของการผลิตก๊าซไฮโดรเจนของจุลสาหร่าย งานวิจัยนี้เริ่มต้นจากการคัดเลือกจุลสาหร่ายที่เป็นต้นแบบที่ใช้ในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน โดยได้จุลสาหร่ายสไปรูลินา จากนั้นนำศึกษาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อตรึงกับวัสดุอัลจิเนทและเคลือบไคโตซาน โดยพิจารณาจากความแข็งแรง ทนทานของเม็ดตรึง และความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลสาหร่าย โดยสภาวะที่เหมาะสมคือความเข้มข้นของอัลจิเนท 4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) หยดให้เม็ดตรึงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร ในสารละลายสตรอนเทียม 4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ปริมาณเซลล์ที่ใช้คือ 1.5 กรัม (แห้ง) ต่ออัลจิเนท 100 มิลลิลิตร และทำการแช่เม็ดอัลจิเนททิ้งไว้ในสารละลายสตรอนเทียม

คลอไรด์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นเคลือบด้วยโคโตซานที่ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ และเลี้ยงที่ความเข้มแสง 6000 ลักซ์ โดยมีอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนอยู่ที่ 31.6 ไมโครลิตรต่อชั่วโมง

คำสำคัญ: การผลิตก๊าซไฮโดรเจน, การปฏิรูปเมทานอลด้วยไอน้ำ, เปลือกมังคุด, การกระตุ้นทางกายภาพ, การกระตุ้นทางเคมี, จุลสาหร่าย, การตรึงเซลล์

Abstract

This research is focused on the hydrogen production for the use with proton exchange membrane fuel cells. There are 3 projects under this research. The first project aims to synthesize and characterize Pt-ZnO over mixed oxide containing CeO₂, ZrO₂ and Al₂O₃ catalysts. The catalytic activities to methanol steam reforming reaction were investigated. The ratio of methanol to water was kept constant at 5:1. The Brunauer-Emmett-Teller (BET) results showed that the sample containing zinc oxides and aluminum oxides of 10:90 gave the highest specific surface area of 192.8 m²/g and also showed the best performance to methanol steam reforming. The methanol conversion reached maximum of 42% at 340 °C. The H₂ production rate under the studied conditions was 0.34 L/h.

The second project aims to produce activated carbons from mangosteen shells in order to use it as a catalyst supporter. It was found that the pretreatment process induced the pore sizes to be wider. The post treatment yields oxygen functional groups on pore surface. The activated carbons prepared by using physical activation have higher specific surface area than those prepared by chemical activation because the severe condition of chemical activation resulted in an increase in numbers of large pores. Consequently, the surface area of activated carbon decreased. Therefore, both pretreatment with steam and post treatment with nitric acid were required to obtain activated carbons with high specific surface area.

The third project is about the immobilization of microalgae in order to enhance the algae to grow and to effectively produce hydrogen. The microalgae species “spirulina” was selected because it produces highest rate of hydrogen production and has faster growth rate. Then, the suitable condition to immobilize microalgae with sodium alginate and chitosan was studied. The result showed that the suitable concentration of the immobilized algae were 4% alginate with dimension 1.5 millimeter in 4% strontium chloride with incubation time of 2 h. The cell concentration was 1.5 g (dry weight)/ 100 ml alginate. Moreover, the chitosan that made the beads stable and enhanced algae to grow in alginate beads was 0.4% and light intensity was 6000 lux. The hydrogen gas production was 31.6 μL/h.

Keywords: Hydrogen production, Methanol steam reforming, Mangosteen shell, Physical activation, Chemical activation, Microalgae, Immobilized beads