

การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมและแพลทินัมนิเกิลที่สังเคราะห์ด้วยวิธี  
ไมโครเวฟเพื่อใช้สำหรับเซลล์เชื้อเพลิง

Synthesis of Pt and PtNi Catalysts by Microwave Method  
Preparation for Fuel Cell

ธีราภรณ์ พรหมอนันต์\* ศิวัช ตั้งประเสริฐ และ อภิรักษ์ ชัยเสนา

Theeraporn Promanan,\* Siwat Thungprasert and Apiruk Chaisena

\*สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมอัลลอยด์สองวัฏภาคที่มีโลหะแพลเลเดียมเป็นฐานบนตัวรองรับคาร์บอนชนิด Vulcan XC-72 สำหรับขั้วแคโทดในเซลล์เชื้อเพลิงเซลล์ชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนด้วยวิธีไมโครเวฟ ตัวเร่งปฏิกิริยาสารประกอบสองวัฏภาคที่มีแพลทินัมอัลลอยด์กับโลหะทรานสิชันแถวที่หนึ่งถูกทดสอบพบว่าช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยาการรีดิวส์ออกซิเจนได้สำหรับเซลล์เชื้อเพลิง เพราะไม่มีการรวมตัวกันของอนุภาคหลังจากการดำเนินการเป็นเวลานาน อีกทั้งยังแสดงถึงคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่มีต้นทุนต่ำ โดยทำการสังเคราะห์โลหะแพลทินัมและโลหะผสมแพลทินัมนิเกิลร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก บนตัวรองรับคาร์บอนชนิด Vulcan XC-72 ด้วยวิธีไมโครเวฟ รูปแบบการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอกซ์ยืนยันว่าพบโลหะแพลทินัม และโลหะผสมแพลทินัมนิเกิล การวิเคราะห์ธาตุเชิงกระจายพลังงานของโลหะทุกชนิดรวมถึง ออกซิเจน กับคาร์บอนในตัวเร่งปฏิกิริยา ภายถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบผ่านพบขนาดของตัวเร่งปฏิกิริยาประมาณ 3-8 นาโนเมตรประสิทธิภาพทางไฟฟ้าทดสอบด้วยเซลล์เดี่ยวพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมให้ค่าทางไฟฟ้ามากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมนิเกิล

คำสำคัญ : ตัวเร่งโลหะอัลลอยด์ วิธีไมโครเวฟ เซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน

## Abstract

This research investigated the synthesis by microwave of Pd-base binary alloy cathode catalysts on carbon Vulcan XC-72 for use with a proton exchange membrane fuel cell (PEMFC). Binary compound catalysts based on Pd alloyed with first row transition metals were employed to improve the activity of the oxygen reduction reaction (ORR) in the fuel cells because of the absence of subsequent particle agglomeration after lengthy running times. In this research, 20% wt platinum metal and platinum-nickel alloy were prepared on the treated carbon Vulcan XC-72 (the carbon surface was treated with hydrogen peroxide) using the microwave method in ethylene glycol. Powder X-ray diffraction (XRD) was used to confirm the formation of alloys of Pt and PtNi phases, and energy dispersive spectrometry (EDS) analysis indicated that all of the metals were detected (together with oxygen and carbon). Transmission electron microscopy (TEM) showed that the particle size of the catalysts was in the range of 3-8 nm. Electrochemical tests using single cell tests indicated that the Pt catalyst was present at a greater density than was the PtNi catalyst.

**Keywords:** metal alloy catalysts, microwave method, proton exchange membrane fuel cell

## บทนำ

จากปัญหามลภาวะสิ่งแวดล้อม ที่เกิดจากการใช้พลังงานในกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ รวมไปถึงราคาน้ำมันที่พุ่งสูงขึ้นเนื่องปริมาณน้ำมันปิโตรเลียมที่เป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปไม่สามารถนำกลับมาใช้อีกใกล้จะหมดไปจากโลก แหล่งพลังงานทดแทนที่ยั่งยืนเป็นมิตรและไม่ก่อมลพิษกับสิ่งแวดล้อม จึงเป็นสิ่งที่กำลังเป็นที่สนใจ เช่น พลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานความร้อน และพลังงานอื่น ๆ โดยเฉพาะพลังงานไฮโดรเจนที่สามารถถูกเปลี่ยนมาเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ โดยใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุปกรณ์เปลี่ยนรูปพลังงานชนิดหนึ่ง ซึ่งจะเป็นแหล่งพลังงานสำคัญในอนาคต อุปกรณ์ชนิดนั้นคือเซลล์เชื้อเพลิง เซลล์เชื้อเพลิงคืออุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานจากทางเคมีเป็นกระแสไฟฟ้า (Electrochemical energy conversion device) โดยแปรสภาพก๊าซไฮโดรเจน ( $H_2$ ) และออกซิเจน ( $O_2$ ) ให้กลายเป็นน้ำ ( $H_2O$ ) ซึ่งในกระบวนการนี้จะมีการผลิตไฟฟ้าเกิดขึ้นตรงบาทที่เซลล์เชื้อเพลิงจะสามารถรับสารไฮโดรเจนและออกซิเจนได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีที่สิ้นสุดทำให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ตลอดเมื่อมีสารทั้งสองชนิดไหลผ่านในตัวเซลล์จึงเป็นที่คาดหวังว่าจะสามารถผลิตและนำไปประยุกต์ใช้กับที่พักอาศัยและยานพาหนะได้

เซลล์เชื้อเพลิงมีหลายชนิดแต่ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ เซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน หรือเซลล์เชื้อเพลิงชนิดที่มีพอลิเมอร์เมมเบรนเป็นอิเล็กโทรไลต์ (Proton Exchange Membrane Fuel Cell or Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell; PEMFC) หรือเรียกย่อ ๆ ว่าเซลล์เชื้อเพลิงชนิดพีอีเอ็ม เนื่องจากให้กำลังไฟฟ้าสูง ทำงานได้ที่อุณหภูมิต่ำ ( $50-80^\circ C$ ) อีกทั้งโครงสร้างไม่ซับซ้อน ประกอบกับบำรุงรักษาได้ง่าย และสามารถปรับค่ากำลังไฟฟ้าได้รวดเร็วตามที่ต้องการ PEMFC ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานหลายด้าน เช่น ในรถยนต์ อาคารสำนักงาน หรือใช้เป็นเซลล์เชื้อเพลิงขนาดพกพาในเครื่องคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือโดยใช้งานได้นานกว่าแบตเตอรี่ในปัจจุบัน (Hoogers, 2003) ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้สำหรับเซลล์เชื้อเพลิงสามารถสังเคราะห์ได้หลายวิธีด้วยกันเช่น วิธีการเผาภายใต้บรรยากาศไฮโดรเจนและไนโตรเจนวิธีการรีฟลัก วิธีการรีดิวส์ วิธีการทางไมโครเวฟ โดยงานวิจัยนี้สนใจที่จะทำการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยวิธีทางไมโครเวฟเนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาให้มีขนาดเล็ก การกระจายตัวที่ดี และเป็นวิธีที่ใช้เวลาน้อยในการสังเคราะห์ ตัวเร่งปฏิกิริยาส่วนใหญ่ที่ใช้ในเซลล์เชื้อเพลิงจะใช้เป็นแพลทินัมเนื่องจากมีประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาที่ดีมากในเซลล์เชื้อเพลิง แต่เนื่องจากแพลทินัมนั้นมีราคาสูงจึงทำให้ต้นทุนการผลิตเซลล์เชื้อเพลิงสูงไปด้วย อีกทั้งเมื่อใช้งานไปนาน ๆ ตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมนั้นจะเกิดการรวมกลุ่มกันเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงนั้นลดลง (Vielstic et al., 2003) คณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีราคา

ถูกกว่าและสามารถทดแทนตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมได้โดยใช้โลหะชนิดอื่นมาผสมกับโลหะแพลทินัมเพื่อใช้เตรียมสำหรับเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน หนึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะอัลลอยด์สามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตเนื่องจากใช้ปริมาณโลหะแพลทินัมที่น้อย ลดการรวมกลุ่มกันของอนุภาคตัวเร่งปฏิกิริยาที่ทำให้มีพื้นที่ผิวในการเกิดปฏิกิริยาที่จะส่งผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงนั้นลดลง (Kamarudin et al., 2013) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาเพิ่มเติมจากงานวิจัยของ ศิวัชและคณะ (2562)

### วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะอัลลอยด์แพลทินัมนิเกิลที่สามารถใช้เป็นขั้วแคโทดสำหรับเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน

### วิธีดำเนินการวิจัย

ตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมและแพลทินัมนิเกิลสามารถทำการสังเคราะห์ด้วยวิธีไมโครเวฟที่อัตราส่วน 1:1 ของตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะอัลลอยด์ต่อตัวรองรับคาร์บอน โดยทำการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาที่ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก บนตัวรองรับคาร์บอนชนิด Vulcan XC-72 ที่ได้ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยวิธีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ การเตรียมดังกล่าวสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ 1. การปรับปรุงพื้นผิวของคาร์บอนและ 2. การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาโดยวิธีไมโครเวฟ

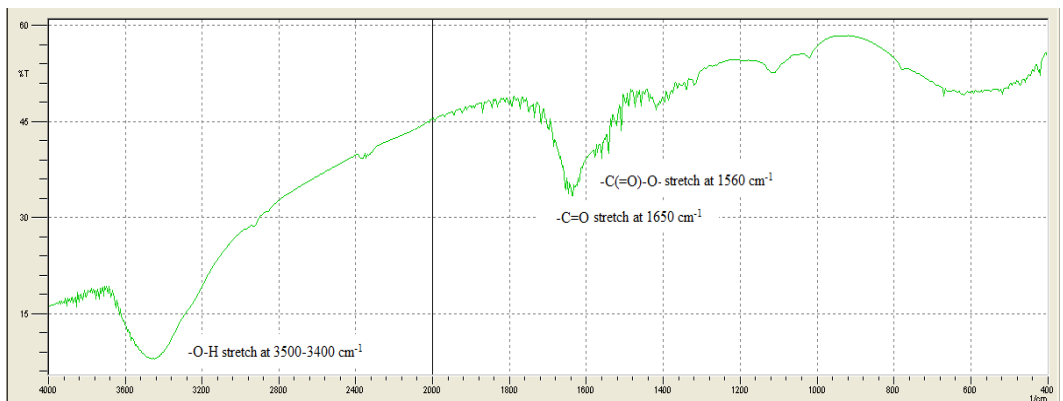
1. ขั้นตอนการเตรียมตัวรองรับคาร์บอนทำโดยนำคาร์บอนชนิด Vulcan XC-72 มาผสมกับกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้น 1 โมลาร์ โดยทำการกวนทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นทำการกรองแล้วล้างด้วยน้ำกลั่น หลังจากนั้นนำมาผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำการกรองแล้วล้างด้วยน้ำกลั่น จากนั้นผสมเข้ากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่ความเข้มข้น 4 โมลาร์ ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง นำมากรองแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นและเอทานอล อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน จากนั้นนำตัวรองรับคาร์บอนที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวแล้วไปทดสอบหุ้ฟุ้งก่ชันด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (IR, 8001 PC Shimadz)

2. ขั้นตอนการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก บนตัวรองรับคาร์บอนชนิด Vulcan XC-72 ที่ถูกปรับปรุงพื้นผิวแล้ว ทำการเตรียมเอทิลีนไกลคอลที่ปรับค่าความเป็นกรดเบสเท่ากับ 9 ด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ มาผสมกับคาร์บอนที่ถูกปรับปรุงพื้นผิว จากนั้นเติมเฮกซะคลอโรแพลทีเนต(Hexachloplatinat) ในอัตราส่วนตัวรองรับคาร์บอนต่อตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ที่อัตราส่วน 1:1 และ

นำเข้าเครื่องไมโครเวฟ กำลัง 800 W เวลา 1 นาที หยุด 3 นาที 3 ครั้ง ทำซ้ำ 20 ครั้ง หลังจากนั้นทำการกรองแล้วล้างด้วยเอทานอล นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน ในส่วนการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมนิเกิลก็ทำเช่นเดียวกับวิธีข้างต้น ตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้จะถูกนำไปทดสอบหาวัฏภาคของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอกซ์ (XRD, D500/D501 Siemen) ดูพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM, JSM-5910LV JEOL) และหาชนิดของธาตุของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยสเปกตรัมของการกระจายพลังงานของรังสีเอกซ์ (EDS, INCA, The Microanalysis Suite Issue-16) หาขนาดของอนุภาคด้วยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM, JSM-2010 JEOL) และนำไปทดสอบประสิทธิภาพทางไฟฟ้าด้วยเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเซลล์เดี่ยว

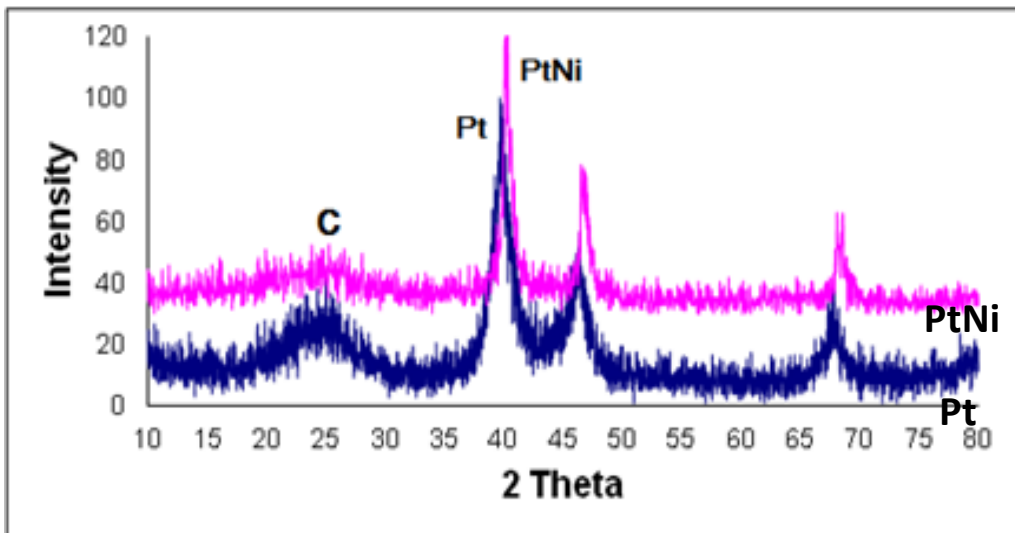
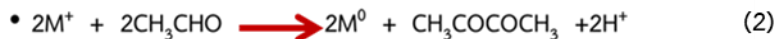
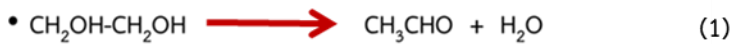
### ผลและอภิปรายผลการวิจัย

ตัวรองรับคาร์บอนที่ถูกปรับปรุงพื้นผิวเมื่อนำมาทดสอบหาหมู่ฟังก์ชัน ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโกปีได้ผลดังภาพที่ 1 ซึ่งผลที่ได้พบสัญญาณสเปกตรัมของคาร์บอนที่ทำการปรับปรุงพื้นผิวแล้วที่เลขคลื่นของหมู่ฟังก์ชันของคาร์บอกซิลิก ( $-C(=O)-O-$ ) ที่  $1560\text{ cm}^{-1}$  หมู่ฟังก์ชันคาร์บอนิล ( $-C=O$ ) และคาร์บอกซิลิกที่  $1670\text{ cm}^{-1}$  เกิดจากเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นสารออกซิไดส์ที่แรงลงไปทำให้พบหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิลิกบนพื้นผิวของคาร์บอน (Chen et al., 2010) โดยที่หมู่ฟังก์ชันนี้จะช่วยในเรื่องทำให้ชั้นระหว่างแผ่นคาร์บอนเกิดการขยายห่าง มีส่วนช่วยให้การกระจายตัวของอนุภาคที่เติมเข้าไปดีขึ้น (Thungprasert et al., 2011)

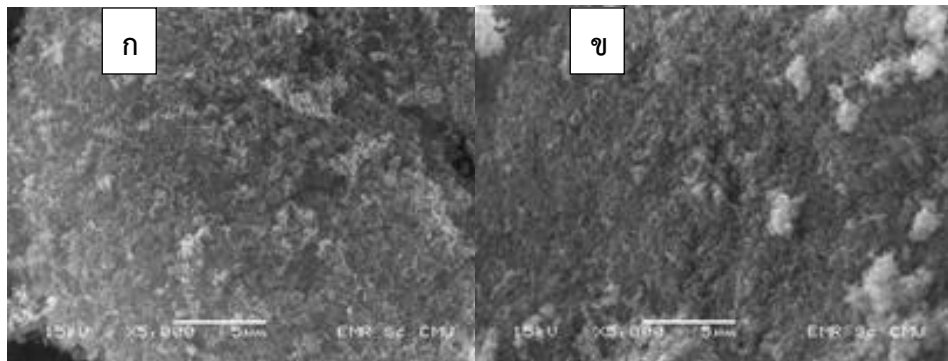


ภาพที่ 1 แสดงสเปกตรัมของคาร์บอนหลังทำการปรับปรุงพื้นผิวด้วยเทคนิค IR

ผลการวิเคราะห์ที่ตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเทคนิค XRD ได้ผลดังภาพที่ 2 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์จากกราฟเอกซ์ของคาร์บอนที่ตำแหน่ง  $2\theta=25.34$  องศา รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของโลหะแพลทินัม ที่ตำแหน่ง  $2\theta=40.82$  องศา และรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของโลหะแพลทินัมนิกเกิล ที่ตำแหน่ง  $2\theta=41.26$  องศา (Züttel et al., 2008) สรุปได้ว่าสามารถยืนยันการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งสองชนิดสามารถเตรียมได้ด้วยเทคนิคไมโครเวฟได้ โดยมีเอทิลีนไกลคอล (EG) ทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอน คลื่นไมโครเวฟทำให้ตัวทำละลาย EG แตกตัวให้อิเล็กตรอนและทำให้ไอออนของโลหะในสารละลายสามารถรับอิเล็กตรอนเกิดเป็นโลหะดังสมการที่ 1 และ 2 แสดงปฏิกิริยาการสังเคราะห์ตัวเร่งด้วยเทคนิคไมโครเวฟ



ภาพที่ 2 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของตัวเร่งปฏิกิริยาของโลหะโลหะแพลทินัมและแพลทินัมนิกเกิล บนตัวรองรับคาร์บอนด้วยเทคนิค XRD

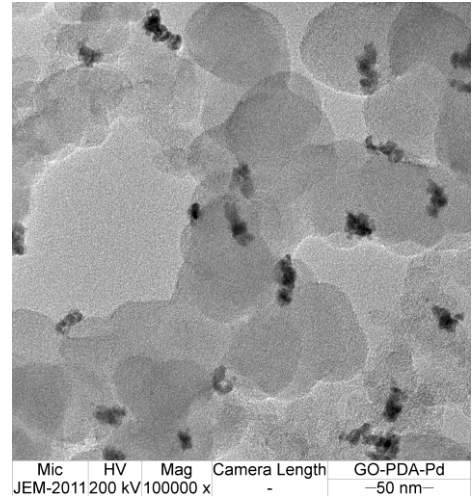
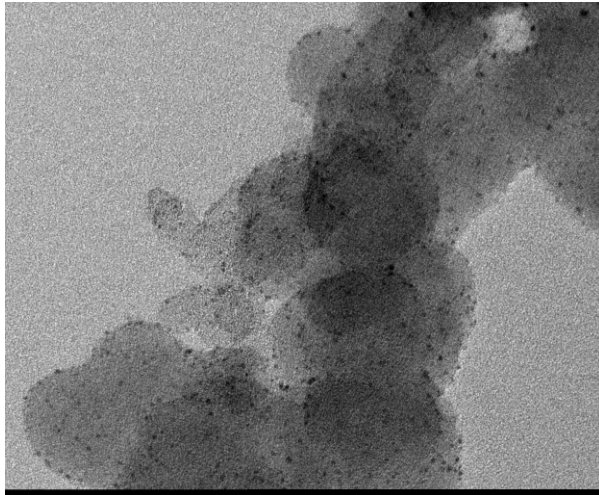


ภาพที่ 3 แสดงรูปของตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมบนผงคาร์บอน (ก) และแพลทินัมนิเกิลบนผงคาร์บอน (ข) ด้วยเทคนิค SEM

ผลการวิเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาของโลหะโลหะแพลทินัมและแพลทินัมนิเกิลบนตัวรองรับคาร์บอนด้วยเทคนิค SEM แสดงดังภาพที่ 3 พบตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้กระจายตัวอยู่บนผิวของคาร์บอนเป็นบริเวณบางส่วนยังคงไม่ชัดเจนเนื่องจากขีดความสามารถของเครื่องมือต้องใช้การยืนยันการกระจายตัวเพิ่มเติมจากเทคนิค TEM ซึ่งแสดงดังภาพที่ 4 เมื่อทำการศึกษาการกระจายตัวของธาตุต่าง ๆ บนตัวรองรับคาร์บอนด้วยเทคนิค EDS แสดงดังตารางที่ 1 สามารถยืนยันการกระจายตัวของธาตุ คาร์บอน ออกซิเจน แพลทินัม และนิเกิลในตัวเร่งปฏิกิริยาที่ทำการสังเคราะห์ได้ ซึ่งตรงกับที่ตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ขึ้นและสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD

ตารางที่ 1 แสดงชนิดและปริมาณของธาตุของตัวเร่งปฏิกิริยาจากเทคนิค EDS

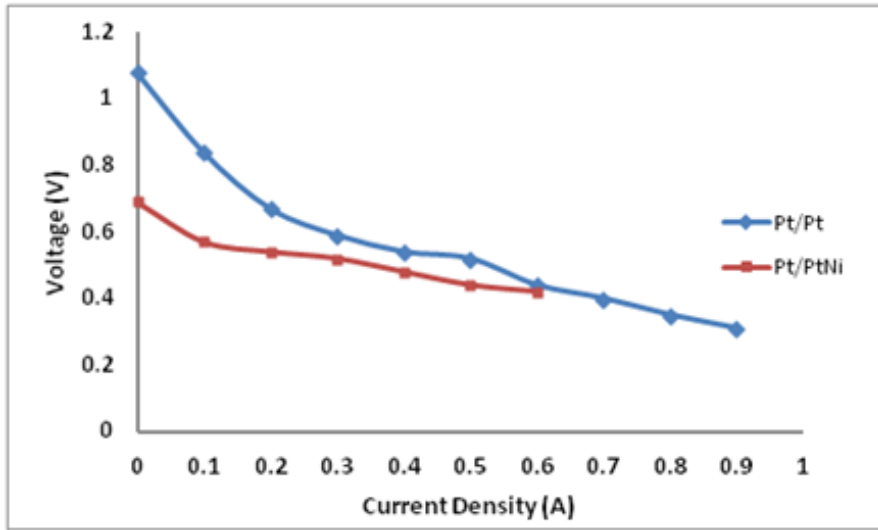
สารตัวอย่าง	ธาตุ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
	คาร์บอน	ออกซิเจน	แพลทินัม	นิเกิล
Pt/C	90.93	6.84	2.23	-
PtNi/C	74.06	18.19	4.72	3.03



ภาพที่ 4 แสดงรูปของตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมบนผงคาร์บอน (ก) และแพลทินัมนิกเกิลบนผงคาร์บอน (ข) ด้วยเทคนิค TEM

การวิเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้ด้วยเทคนิค TEM แสดงดังภาพที่ 4 พบว่ามีตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมและแพลทินัมนิกเกิลมีขนาดเล็กและกระจายตัวอยู่บนตัวรองรับคาร์บอน ซึ่งเป็นการยืนยันว่าวิธีการสังเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟสามารถสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีขนาดเล็กและกระจายตัวได้ดี จะเห็นได้ว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้นั้นมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมออีกทั้งอนุภาคของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้ยังมีขนาดเล็ก ไม่เกาะกลุ่มกัน แสดงให้เห็นถึงการเตรียมตัวอย่างด้วยวิธีไมโครเวฟสามารถที่จะเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาให้กระจายตัวบนตัวรองรับคาร์บอนได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยวิธีการทางสารละลายที่ใช้โซเดียมโบโรไฮไดรไรด์เป็นตัวรีดิวซ์ (ศิวัช และคณะ, 2562) เมื่อพิจารณาการกระจายตัวของตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมมีการกระจายตัวได้ดีกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมนิกเกิลบนตัวรองรับคาร์บอน ตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมมีขนาด  $3.02 \pm 0.41$  nm และตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมนิกเกิลมีขนาด  $7.21 \pm 0.32$  nm ทั้งนี้สามารถยืนยันการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวว่าได้ขนาดอนุภาคที่มีขนาดเล็กระดับนาโนด้วยเทคนิคไมโครเวฟ ซึ่งเทคนิคนี้สามารถให้ความร้อนที่รวดเร็ว ทำให้เกิด Nuclei มากมาย ลดอัตราการเติบโตของขนาดอนุภาคทำให้สามารถสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีขนาดเล็กและกระจายตัวได้ดี จากขนาดของตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งสองพบว่ามีเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการทดสอบเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนเนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยามีขนาดเล็กระดับนาโนเมตรซึ่งทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยามีพื้นที่ผิวในการทำปฏิกิริยามากตามไปด้วย





ภาพที่ 5 แสดงกราฟค่าทางไฟฟ้าระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ของตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมกับตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมนิเกิล

จากการทดสอบประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน โดยทำการเปรียบเทียบกันระหว่างตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมกับตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมนิเกิลที่ขั้วไฟฟ้าแคโทด ส่วนขั้วไฟฟ้าแอโนดได้ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเดียวกันคือตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมทางการค้า พบว่าได้ผลดังภาพที่ 5 ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าของตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมดีกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมนิเกิล โดยที่ความต่างศักย์เริ่มต้นของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ขั้วแคโทดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมคือ 1.08 V ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการกระจายตัวบนตัวรองรับคาร์บอนที่ดีกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมนิเกิล ที่ให้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเริ่มต้นอยู่ที่ 0.69 V อันนี้อาจเกิดจากการที่อนุภาคของก๊าซไฮโดรเจนที่มีขนาดเล็กกว่า 3 อังสตรอม อาจเกิดการแพร่ผ่านแผ่นเมมเบรนเป็นผลทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้าเริ่มต้นเกิดการลดลงไม่เท่ากับ +1.27 V ตามปฏิกิริยารีดักชันของออกซิเจนที่เกิดผ่านปฏิกิริยา 4 อิเล็กตรอนตามทฤษฎี (Barbir, 2005) แต่เมื่อเริ่มดึงกระแสไฟฟ้าออกจากเซลล์ การลดลงของความต่างศักย์ของตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมลดลงเร็วกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมนิเกิล เนื่องจากความเร็วในการเกิดปฏิกิริยาฝั่งไฮโดรเจนเกิดเร็วกว่าออกซิเจนมาก ทำให้ศักย์ไฟฟ้าลดลงอย่างรวดเร็ว ต่างจากตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมนิเกิลที่ค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ แสดงถึงความเสถียรของตัวเร่งปฏิกิริยาในการทำงาน (Gottesfeld et al., 1997) และเมื่อดึงกระแสมากกว่า 0.5 A พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมนิเกิลมีแนวโน้มให้ศักย์ไฟฟ้ามากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมสังเกตได้จากความชันของการลดลงของความต่างศักย์บนตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมนิเกิล จะมีความชันน้อยกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมนั้น แสดงว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมนิเกิล มีแนวโน้มเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ดี

ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเป็นโลหะอัลลอยของตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ไม่เกิดการรวมกันของอนุภาคเหมือนโลหะแพลทินัมซึ่งจะทำให้ลดพื้นที่ผิวในการเกิดปฏิกิริยาในเซลล์เชื้อเพลิงทำให้มีประสิทธิภาพทางไฟฟ้าลดลง (Thungprasert et al., 2014)

### สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้สามารถสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมและแพลทินัมเกิดร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก บนตัวรองรับคาร์บอนชนิด Vulcan XC-72 ที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ด้วยวิธีไมโครเวฟในสารละลายเอทิลีนไกลคอล ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอกซ์ยืนยันเฟสของโลหะแพลทินัมแพลทินัมเกิด และคาร์บอนในตัวเร่งปฏิกิริยา ผลการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุด้วยเทคนิค EDS พบโลหะทุกชนิด รวมถึงออกซิเจนกับคาร์บอนในตัวเร่งปฏิกิริยา ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบผ่านแสดงขนาดของตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่ในช่วงระหว่าง 3-8 นาโนเมตรประสิทธิภาพทางไฟฟ้าทดสอบด้วยเซลล์เดี่ยวพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งแพลทินัมและตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมเกิดสามารถใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ดีได้ในเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนได้

### กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณบววิจัยที่ได้รับการอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง พร้อมทั้ง คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางที่ให้สถานที่ในการทำวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- ศิวัช ตั้งประเสริฐ ธีราภรณ์ พรหมอนันต์ และอภิรักษ์ ชัยเสนา. 2562. การทดสอบตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะที่ สังเคราะห์ด้วยวิธีทางสารละลายเพื่อใช้สำหรับเซลล์เชื้อเพลิง. วารสารวิจัยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง. 4: 36-43.
- Antolini, E., Salgado, J. R. C., Silva, R. M. and Gonzalez, E. R. 2007. Theoretical Study on Solubility from Pt Electrocatalyst and Reactivity in Electrolyte Environment of Pt Complex in PEFC. Chemical Physics. 101 : 395-403.
- Barbir F. 2005. PEM Fuel Cells: Theory and Practice, Elsevier Inc.
- Chen, W. and Qu, B. 2010. Investigation of a platinum catalyst supported on a hydrogen peroxide-treated carbon black. Journal of Hydrogen Energy. 35 : 10102-10108.

- Gottesfeld S. and Zawodzinski T. 1997. *Advances in Electrochemical Science and Engineering*, Vol. 5. Weinheim, Wiley-VCH.
- Hoogers, G. 2003. *Fuel Cell Technology Handbook*. Boca Raton: CRC Press LLC.
- Kamarudin, M. Z. F., Kamarudin, S. K., Masdar, M. S. and Daud, W. R. W. 2013. Review: Direct ethanol fuel cells. *Journal of Hydrogen Energy*. 38 : 9438-9453.
- Thungprasert, S., Sarakonsri, T., Klysubun W. and Vilaithong, T. 2011. Preparation of Pt-based ternary catalyst as cathode material for proton exchange membrane fuel cell by solution route method. *Journal of Alloys and Compounds*. 509 : 6812–6815.
- Thungprasert S., Sarakonsri T. and Vilaithong T. 2014. Solution Route Synthesis of PtCuNi Nano-particles Supported on Treated Carbon, Electrocatalysts for ORR. *Journal of Ceramic Processing Research*. 5 : 320-324.
- Vielstic, W., Lamm, A. and Gasteiger, H. A. 2003. *Handbook of Fuel Cell Fundamentals Technology and Application*. Wiley.
- Züttel, A., Borgschulte, A. and Schlapbach, L. 2008. *Hydrogen as a Future Energy Carrier*.

