

การศึกษาความเป็นไปได้ของการดูดซับแบบเกิดปฏิกิริยาของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บนซิลิกาเมโซพอร์ชนิด  
SBA-15 ที่ปรับปรุงด้วยคลอโรฟิลล์

POSSIBILITY STUDY OF REACTIVE CO<sub>2</sub> ADSORPTION OVER CHLOROPHYLL-MODIFIED SBA-15  
MESOPOROUS SILICA

บุษรา เอี่ยมสอาด, พันธิภา ปรานอุดมรัตน์

รศ.ดร.เมตตา เจริญพานิช

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทร. 02-9428555 ต่อ 1215 โทรสาร 02-5614621 E-mail: fengmtc@ku.ac.th

**บทคัดย่อ**

โครงการนี้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการเกิดปฏิกิริยาของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บนซิลิกาเมโซพอร์ชนิด SBA-15 ที่ปรับปรุงด้วยคลอโรฟิลล์สำหรับคลอโรฟิลล์ที่ใช้ในการศึกษาได้มาจาก 3 แหล่ง คือ สาหร่ายเกลียวทอง ใบหญ้าขน และใบนนทรี จากการศึกษาผลของซิลิกาเมโซพอร์ชนิด SBA-15 แสงแดด และน้ำ ที่มีต่อปฏิกิริยาการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับโดยซิลิกาเมโซพอร์ชนิด SBA-15 ที่อุ่มด้วยน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 1.22 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับซิลิกาเมโซพอร์ที่แห้งสนิท และเมื่อทำการศึกษผลของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยคลอโรฟิลล์ของพืชต่างชนิดกันบนซิลิกาเมโซพอร์ชนิด SBA-15 ที่ความเข้มแสงคงที่ เห็นได้ชัดว่าคลอโรฟิลล์แต่ละแหล่งมีความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับมากที่สุดเกิดขึ้นจากคลอโรฟิลล์ที่ได้จากสาหร่ายเกลียวทอง (39.0%) บนซิลิกาเมโซพอร์ชนิด SBA-15 การตรวจสอบชนิดของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของคลอโรฟิลล์บนซิลิกาเมโซพอร์ชนิด SBA-15 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงนี้เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ จำพวกคาร์บอกซิลิก ได้แก่ กรดอะซิติกและกรดออกซาลิก ซึ่งสารผลิตภัณฑ์นี้พบในปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของคลอโรฟิลล์จากสาหร่ายเกลียวทองมากที่สุด โดยมีกรดอะซิติกปริมาณ 0.13% และกรดออกซาลิกปริมาณ 0.16%

**Abstract**

In this project, the possibility for CO<sub>2</sub> adsorption and reaction (reactive adsorption) over chlorophyll-modified SBA-15 mesoporous silica have been investigated. The sources of chlorophyll were spirulina (*Spirulina platensis*), buffalo grass (*Brachiari mutica*), and yellow flame (*Peltophorum pterocarpum*) leaves. The roles of SBA-15 mesoporous silica, sunlight, and water on CO<sub>2</sub> reactive adsorption were examined. It was found that the amount of CO<sub>2</sub> adsorption was increased 1.22 times when the wet SBA-15 support was applied compared to that of dried one. After that, the effect of chlorophyll sources on CO<sub>2</sub> reactive adsorption over the modified SBA-15 mesoporous silica was investigated at constant of light intensity. It was clearly seen that each sources of chlorophyll had the ability for CO<sub>2</sub> adsorption. The highest CO<sub>2</sub> adsorption was found with SBA-15 mesoporous silica modified with chlorophyll from spirulina (39.0%). The types of product formed over SBA-15 mesoporous silica modified with various sources of chlorophyll were investigated. It was found that the products from this reaction were carboxylic hydrocarbons (acetic acid and oxalic acid). The highest product yield found with SBA-15 mesoporous silica modified with chlorophyll from spirulina were acetic acid 0.13% and oxalic acid 0.16%.

Keyword: Photosynthesis, Mesoporous silica, Carboxylic functional group

คำสำคัญ: ปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง, ซิลิกาเมโซพอร์, หมูฟังกักชั้นคาร์บอนซิลิก

## 1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่ทั่วโลกให้ความสำคัญและตระหนักถึง คือ ปัญหาภาวะโลกร้อน ซึ่งเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม และกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ที่มีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น ส่งผลให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้น โดยพบว่าในเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2553 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมา มีปริมาณมากถึง 392 ppm (Michael, 2007) และจากการคาดการณ์ต่อไปถึงปี พ.ศ. 2643 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีมากถึง 570 ppm ซึ่งส่งผลให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นอีก 1.9°C และระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น 3.8 เมตร การเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จากข้อมูลของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ของสหประชาชาติ แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2490 ทำให้โลกมีลักษณะเป็นฉนวนเก็บความร้อน อันเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน อย่างไรก็ตาม มีการรายงานการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้ โดยพบว่าต้นไม้ 1 ต้น สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 0.329 ตันในเวลา 15 ปี และตลอดอายุของต้นไม้โดยทั่วไป 1 ต้น โดยประมาณอายุเฉลี่ยของต้นไม้เท่ากับ 50 ปี สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 1 ตัน (เพญศิริ, 2548) ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับนั้น ต้นไม้จะนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) เพื่อให้ได้สารอาหารที่พืชต้องการ ดังนั้นการลดปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของพืช จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สะอาดและเหมาะสมแก่การนำไปใช้เพื่อลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ

ปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของพืช เกิดขึ้นเมื่อคลอโรฟิลล์ในพืชดูดกลืนพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ในกระบวนการสร้างอาหาร โดยใช้น้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสารอนินทรีย์โมเลกุลเล็กมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงเช่นกัน สิ่งที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช คือ ก๊าซออกซิเจนและสารประกอบจำพวกคาร์โบไฮเดรต โดยก๊าซออกซิเจนที่พืชปล่อยออกมาจากกระบวนการสังเคราะห์แสง มนุษย์และสัตว์จะนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ ส่วนสารประกอบจำพวกคาร์โบไฮเดรตนั้น พืชจะนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโต และยังเป็นการผลิตอาหารเพื่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ บนโลกอีกด้วย

การนำคลอโรฟิลล์มาใช้ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง จึงจำเป็นต้องใช้วัสดุที่มีความพรุนสูงเป็นตัวรองรับคลอโรฟิลล์ที่เติมลงไป เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้น ซิลิกาเมโซพอร์

(Mesoporous silica) จึงถูกนำมาใช้เป็นตัวรองรับคลอโรฟิลล์ เพื่อช่วยให้คลอโรฟิลล์สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในปริมาณที่มากขึ้น

สำหรับซิลิกาเมโซพอร์ ซึ่งเป็นสารประกอบที่ไม่มีโครงสร้างผลึก มีความเป็นรูพรุนสูง มีพื้นที่ผิวมาก และรูพรุนมีขนาดใหญ่มากกว่าซีโอไลต์มาก เป็นวัสดุที่มีประโยชน์มากในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยเฉพาะในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับสารโมเลกุลใหญ่ (Rungsirisakun, 2005) เช่น สารประกอบไฮโดรคาร์บอนจำพวกน้ำมันดีเซล เป็นต้น

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อเปลี่ยนให้อยู่ในรูปสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการทำให้เกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง ซึ่งในการทดลองใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับน้ำมันซิลิกาเมโซพอร์ที่มีการเติมคลอโรฟิลล์ของสาหร่ายเกลียวทองและใบหญ้าขน และวัดอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การเกิดปฏิกิริยาไปเป็นสารผลิตภัณฑ์ การเปรียบเทียบผลของความเข้มแสงที่มีผลต่ออัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการตรวจสอบสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นด้วยเทคนิคที่เป็นไปได้

## 2. วิธีดำเนินการวิจัย

### 2.1 การศึกษาปัจจัยเบื้องต้นที่มีผลต่อการดูดซับและการเร่งปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง

การตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระเปาะแก้วเก็บก๊าซ โดยทำการ บรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงในกระเปาะแก้วเก็บก๊าซปริมาตรเฉลี่ย 165 มิลลิลิตร ที่ความดัน 0.17 atm และอัตราการไหล 33 ลูกบาศก์เซนติเมตร/วินาที ครั้งแรกจะปล่อยให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระเปาะแก้วเก็บก๊าซก่อน จากนั้นจับเวลา 5 วินาที แล้วจึงหมุนวาล์วปิดพร้อมกันเพื่อกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไล่ก๊าซอื่นในกระเปาะแก้วเก็บก๊าซ ใช้เข็มฉีดยาสำหรับเก็บก๊าซ เก็บก๊าซปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร จากกระเปาะแก้วเก็บก๊าซ จากนั้นนำมาฉีดในเครื่องวิเคราะห์ก๊าซเพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยในแต่ละ 1 batch ทำการฉีดทุกๆ 2 นาที เป็นเวลาต่อเนื่องกัน 3 ครั้ง ซึ่งฉีดทั้งหมด 6 batch และทำการทดลองโดยไหลคลอโรฟิลล์จากสาหร่ายเกลียวทอง และใบหญ้าขนลงบนซิลิกาเมโซพอร์ชนิด SBA-15 จำนวน 2.0 กรัม และบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระเปาะแก้วเก็บก๊าซ

### 2.2 การศึกษาการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการเกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง

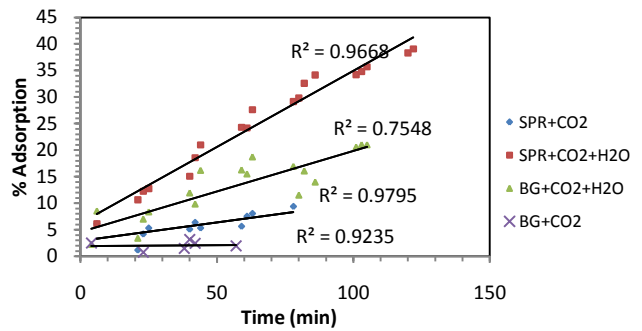
นำคลอโรฟิลล์จากสาหร่ายเกลียวทอง ใบนนทรี ใบหญ้าขน โหลดลงบน ซิลิกาเมโซพอร์ชนิด SBA-15 ปริมาณ 2.0 กรัม เติมน้ำ 5 มิลลิลิตร และบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระเปาะแก้วเก็บก๊าซ จากนั้นนำไปวางไว้ในบริเวณที่มีแสงแดด โดยตรวจวัดความเข้มแสงทุกครั้ง และทำการทดลองโดยเลือกคลอโรฟิลล์จาก สาหร่ายเกลียวทอง ใบหญ้าขน โหลดลงบน ซิลิกาเมโซพอร์ชนิด SBA-15 ปริมาณ 2.0 กรัม โดยในกรณีนี้จะนำกระเปาะแก้วเก็บก๊าซ ไปวางไว้ที่ความเข้มแสงจากโคมไฟลงที่ที่ 37 lux จากนั้นใช้เข็มฉีดยาเก็บก๊าซปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร และนำมาฉีดในเครื่องวิเคราะห์ก๊าซเพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสารผลิตภัณฑ์อื่นๆ โดยในแต่ละ 1 batch ทำการฉีดทุกๆ 2 นาที เป็นเวลาต่อเนื่องกัน 3 ครั้ง ซึ่งฉีดทั้งหมด 7 batch นำซิลิกาเมโซพอร์ชนิด SBA-15 ที่มีคลอโรฟิลล์จากสาหร่ายเกลียวทอง และใบหญ้าขน มาล้างด้วยอะซิโตน ปริมาตร 150 มิลลิลิตร โดยทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นกรองเอาซิลิกาเมโซพอร์ชนิด SBA-15 ออก นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV spectrophotometer ด้วย Mode scan spectrum เพื่อตรวจสอบชนิดของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการเลียนแบบการสังเคราะห์แสง และวัดค่า absorbance ของสารละลาย เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น

### 3. ผลการดำเนินงานและวิจารณ์

#### 3.1 ผลการศึกษาปัจจัยเบื้องต้นที่มีผลต่อการดูดซับและการเร่งปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง

จากการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการเกิดสารผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น โดยปฏิกิริยาเลียนแบบการสังเคราะห์แสงบนตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาซิลิกาเมโซพอร์ชนิด SBA-15 ที่มีความแตกต่างกันของสารคลอโรฟิลล์ที่ถูกเติมเข้าไป ได้แก่ สาหร่ายเกลียวทอง ใบหญ้าขน และใบนนทรี เพื่อศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกนำไปใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเลียนแบบการสังเคราะห์แสงเพื่อวิเคราะห์หาสารผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ที่เกิดขึ้น

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีการเติม คลอโรฟิลล์จากสาหร่ายเกลียวทอง และใบหญ้าขนลงบนซิลิกาเมโซพอร์ชนิด SBA-15



รูปที่ 1 เปรอเซ็นต์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับบนซิลิกาเมโซพอร์ชนิด SBA-15 ที่ความเข้มแสงคงที่ 37 lux

#### 3.2 การศึกษาการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการเกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง บนตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาซิลิกาเมโซพอร์ชนิด SBA-15 ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยคลอโรฟิลล์จากสาหร่ายเกลียวทอง ใบหญ้าขน และใบนนทรี

ตารางที่ 1 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เวลาต่างๆ กันเมื่อใช้คลอโรฟิลล์จากแหล่งต่างๆ ณ ที่ความเข้มแสงแตกต่างกัน

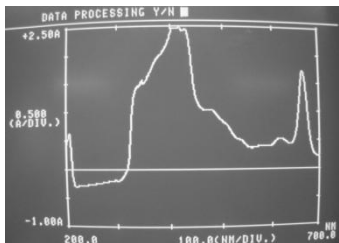
เวลา (นาที)	ความเข้ม แสง (Lux)	ปริมาณ CO <sub>2</sub> ที่มีอยู่ / ที่ถูกดูดซับ (โมล×10 <sup>-3</sup> )		
		สาหร่ายเกลียว ทอง	ใบหญ้าขน	ใบนนทรี
0	100	-	-	-
11	105	-	8.74/ 0.66	-
22	75	9.07/ 0.33	-	-
33	216	-	-	9.32 / 0.01
44	100	-	8.55 / 0.86	-
55	58	8.83/ 0.58	-	-
66	38	-	-	10.33/ -0.92
77	61	-	9.67/ - 0.26	-
88	74	8.50/ 0.91	-	-
99	77	-	-	8.89/0.52
110	74	-	9.34/ 0.07	-
121	2	7.27/ 2.13	-	-
132	3	-	-	8.29/ 1.12

ในกรณีที่มีความเข้มแสงต่ำ (200 – 2 lux) คลอโรฟิลล์จากสาหร่ายเกลียวทองจะทำงาน (เร่งกลไกการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการเกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง) ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ใบหญ้าขน และใบ

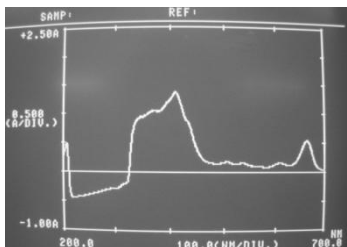
นทรี โดยลำดับ และเพื่อให้สามารถเร่งกลไกการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการเกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงได้ดีที่สุดจึงปรับปรุงการทดลองโดยใช้ความเข้มแสงคงที่ที่ 37 lux ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แสดงไว้ในรูปที่ 1

จากการทดลองเมื่อทำการวิเคราะห์ก๊าซจากกระเปาะแก้วเก็บก๊าซ ที่มีการเติมคลอโรฟิลล์จาก สาหร่ายเกลียวทอง และใบหญ้าขน ขณะที่เกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงพบว่า มีก๊าซออกซิเจน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง โดยเกิดขึ้นจากปฏิกิริยา Hill reaction ซึ่งคลอโรฟิลล์จะดูดกลืนแสงไว้ แล้วทำให้น้ำแตกตัวได้เป็นอิเล็กตรอน และ ออกซิเจน โดยปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงจากการเติมคลอโรฟิลล์จากสาหร่ายเกลียวทองลงบนตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาซิลิกาเมโซพอร์ซินิก SBA-15 มีปริมาณมากกว่าคลอโรฟิลล์จากใบหญ้าขนที่เติมลงบนตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาซิลิกาเมโซพอร์ซินิก SBA-15 อยู่ร้อยละ  $3 \times 10^{-4}$  หรือคิดเป็น 1.9 เท่า

เมื่อนำสารละลาย หลังผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง ไปตรวจสอบด้วยเครื่อง UV spectrophotometer ด้วย Mode scan spectrum (Bajrachaya, 1999) เพื่อดูช่วงความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงว่าเกิดที่ความยาวคลื่นใดในช่วง 200-700 นาโนเมตร และนำไปเปรียบเทียบกับช่วงความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงของหมู่ฟังก์ชันต่างๆเพื่อตรวจสอบชนิดสารผลิตภัณฑ์ แสดงดังรูปที่ 2 และ 3



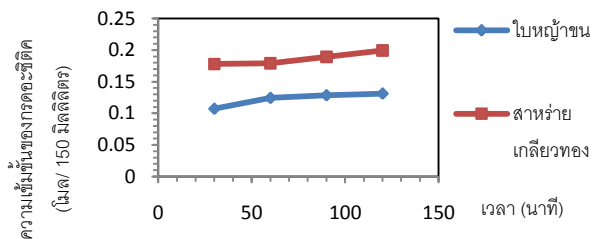
รูปที่ 2 สเปกตรัมของสารละลายที่มีการโหลคลอโรฟิลล์จากสาหร่ายเกลียวทองที่เวลา 120 นาที



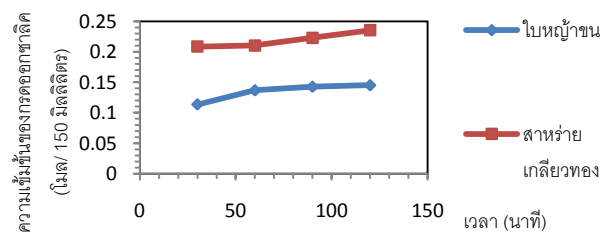
รูปที่ 3 สเปกตรัมของสารละลายที่มีการโหลคลอโรฟิลล์จากใบหญ้าขนที่เวลา 120 นาที

พบว่าสเปกตรัม ของสารละลายจากการล้างด้วยอะซิโตนของซิลิกาเมโซพอร์ซินิก SBA-15 ที่มีการเติมคลอโรฟิลล์จากสาหร่ายเกลียวทอง และใบหญ้าขน มีการดูดกลืนคลื่นแสง หรือเกิด peak ที่ความยาวคลื่น 208-210, 400-450, 600-680 นาโนเมตร ตามลำดับ ซึ่งช่วงความยาวคลื่น 400-500 และ 600-680 นาโนเมตรเป็นช่วงการดูดกลืนแสงของคลอโรฟิลล์ โดยคลอโรฟิลล์เอมี peak หลักที่ 420 นาโนเมตรและ 680 นาโนเมตร และยังมีพีก เล็กๆที่ตำแหน่งอื่นๆปรากฏด้วย ส่วนคลอโรฟิลล์บี จะมี พีก หลักที่ 470 นาโนเมตร และ 640 นาโนเมตร มี พีก เล็กอื่น ๆ ตามสัดส่วนความเข้มข้นของแต่ละตัว สำหรับสเปกตรัมของแคโรทีนอยด์มี พีก หลักอยู่ที่ 420, 470 และ 500 นาโนเมตร สำหรับ พีกที่เกิดในช่วงความยาวคลื่น 208-210 นาโนเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลการดูดกลืนคลื่นแสงจากหมู่ฟังก์ชันต่างๆ พบว่ามีช่วงความยาวคลื่นใกล้เคียงกับกรดคาร์บอกซิลิก ซึ่งมีช่วงความยาวคลื่นที่เกิดจากการดูดกลืนคลื่นแสง ในช่วง 208-210 นาโน จึงคาดว่าผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการกระบวนการสังเคราะห์แสง คือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนในหมู่กรดคาร์บอกซิลิก จำพวก กรดอะซิติก และกรดออกซาลิก

ปริมาณกรดอะซิติก และกรดออกซาลิก วัดจากค่าการดูดกลืนแสง แล้วนำไปคำนวณจาก Calibration curve ดังกราฟรูปที่ 4-5



รูปที่ 4 ปริมาณกรดอะซิติกในสารละลายจากแหล่งคลอโรฟิลล์ปริมาตร 150 มิลลิลิตร



รูปที่ 5 ปริมาณกรดออกซาลิก ในสารละลายจากแหล่งคลอโรฟิลล์ปริมาตร 150 มิลลิลิตร

จากรูปที่ 4 และ 5 พบว่าปริมาณกรดอะซิติกและกรดออกซาลิก เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาที่ใช้มากขึ้น นั่นคือ หากปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์ แสงเป็นเวลานานๆ จะทำให้ได้สารผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น ในที่นี้คือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนในหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิลิก ที่เวลา 120 นาที พบว่าสารละลายที่ล้างด้วยอะซิโตนของซิลิกาเมโซพอร์ซนิก SBA-15 ที่มีการเติมคลอโรฟิลล์จากสาหร่ายเกลียวทองหลังผ่านกระบวนการสังเคราะห์ แสงมีปริมาณกรดอะซิติก 0.20 มิลลิโมล และกรดออกซาลิก 0.24 มิลลิโมล ซึ่งมากกว่าสารละลายที่ล้างด้วยอะซิโตนจากซิลิกาเมโซพอร์ซนิก SBA-15 ที่มีการเติมคลอโรฟิลล์จากใบหญ้าขน โดยมีปริมาณกรดอะซิติก 0.13 มิลลิโมล และกรดออกซาลิก 0.15 มิลลิโมล แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์จากสาหร่ายเกลียวทองดีกว่าคลอโรฟิลล์จากใบหญ้าขน

#### 4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาปัจจัยเบื้องต้น ที่มีผลต่อการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บนตัวรองรับปฏิกิริยาซิลิกาเมโซพอร์ซนิก SBA-15 ที่สภาวะต่างกัน พบว่า

- 1 สภาวะที่ไม่มีการเติมสารใดๆลงบนตัวรองรับปฏิกิริยาซิลิกาเมโซพอร์ซนิก SBA-15 เมื่อเวลาผ่านไป ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีปริมาณลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เริ่มต้น สามารถหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับด้วยตัวรองรับปฏิกิริยาซิลิกาเมโซพอร์ซนิก SBA-15 ที่ไม่มีการเติมสารใดๆ เกลี่ยได้เท่ากับ  $8.5 \times 10^{-4}$  โมล (คิดเป็น 8.8%)
- 2 สภาวะที่มีการเติมน้ำลงบนตัวรองรับปฏิกิริยาซิลิกาเมโซพอร์ซนิก SBA-15 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับไว้ด้วยตัวรองรับปฏิกิริยาซิลิกาเมโซพอร์ซนิก SBA-15 ที่สภาวะนี้มีค่าเท่ากับ  $8.4 \times 10^{-4}$  โมล (คิดเป็น 10.5%)

สภาวะที่มีการเติมคลอโรฟิลล์จากสาหร่ายเกลียวทอง ลงบนตัวรองรับปฏิกิริยาซิลิกาเมโซพอร์ซนิก SBA-15 และมีน้ำร่วมด้วย โดยวางไว้ที่ความเข้มแสงคงที่ เมื่อเวลาผ่านไปพบว่า ปริมาณก๊าซที่เปลี่ยนแปลงไปทุกครั้ง เมื่อมีการเก็บตัวอย่างก๊าซเพื่อนำมาวิเคราะห์ พบว่า SBA-15 ที่มีการเติมคลอโรฟิลล์จากสาหร่ายเกลียวทองสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากกว่า SBA-15 ที่ไม่มีการเติมคลอโรฟิลล์ถึง 3.08 เท่า

จากการตรวจสอบสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเลียนแบบปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ UV-visible spectrophotometer โดย

ทำการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารในหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิลิก ได้แก่ กรดอะซิติกและกรดออกซาลิก พบว่ากราฟที่ได้จากการนำสารผลิตภัณฑ์จากกระบวนการสังเคราะห์แสงมาตรวจสอบมีลักษณะเดียวกับกราฟมาตรฐาน จึงสรุปได้ว่า สารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นนั้นเป็นสารในหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิลิก โดยปริมาณสารผลิตภัณฑ์นี้พบในปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของคลอโรฟิลล์จากสาหร่ายเกลียวทองมากที่สุด โดยมีกรดอะซิติกปริมาณ 0.2 มิลลิโมล และกรดออกซาลิกปริมาณ 0.24 มิลลิโมล

#### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัยนี้

#### เอกสารอ้างอิง

Michael McGee. 2007. Atmosphere Monthly. Available source:

[www.co2now.org](http://www.co2now.org)

เพ็ญศิริ จันทร์ประทีปฉาย. 2548. โลกgrayเดือน. Available source:

[www.sarakadee.com](http://www.sarakadee.com).

Rungsirisakun, R., B. Jansang, P. Pantu and J. Limtrakul. 2005. The adsorption of benzene o industrially important nanostructured catalysis (H-BEA, H-ZSM-5, and H-FAU): confinement effects. Journal of Molecular Structure. 733: 239-246.

Bajrachaya, D. Experiments in Plant Physiology. Narosa Publishing House. 1999.

