วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย ปีที่ 25 ฉบับที่ 2 : หน้า 77-85 (2554)
www.eeat.or.th

การสังเคราะห์สารประกอบคอปเปอร์โดยใช้เปลือกไข่ไก่และทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

Synthesis of Copper Compound from Chicken Egg Shell and Determination of Carbon Monoxide Treatment Efficiency

Komkrich Koonthiwong* Kanjana Pankaew*, Sompop Sanongraj*,** and Wipada Sanongraj*,****

คมกฤช ขุนธิวงศ์* กาญจนา พานแก้ว*, สมภพ สนองราษฎร์*,** และ วิภาดา สนองราษฎร์*,****

*ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

**ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย

ศูนย์เครือข่ายมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

*E-mail : sompopsanongraj@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์สารประกอบคอปเปอร์จากเปลือกไข่ไก่และสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต และทำการทดสอบประสิทธิภาพสารประกอบดังกล่าวในการเป็นตัวคะตะลิสต์ช่วยในการลดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยเปลือกไข่ไก่ที่ใช้มี 2 ชนิด คือ เปลือกไข่ไก่อบและเผาที่อุณหภูมิ 105 และ 550 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่ไก่อบและเปลือกไข่ไก่เผา มีลักษณะเป็นผงสีเขียว เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพการลดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ พบว่าสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่ไก่อบมีประสิทธิภาพในการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ดีกว่าสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่ไก่เผา เมื่อบำบัดโดยใช้สารประกอบคอปเปอร์ที่เผาร่วมกับขี้เลื่อย และสารประกอบคอปเปอร์ที่ไม่เผาร่วมกับขี้เลื่อย พบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดเท่ากับร้อยละ 61 ± 6.17 และ 58 ± 9.27 ตามลำดับ

คำสำคัญ : คาร์บอนมอนอกไซด์; สารประกอบคอปเปอร์; ตัวคะตะลิสต์; เปลือกไข่

Abstract

The objective of this research is to synthesize copper compound from chicken egg shells and copper sulfate solution. The synthesized copper compound was tested to act as a catalyst to reduce carbon monoxide (CO) concentration. Two kinds of chicken egg shells were utilized these were egg shells dried at 105 °C and egg shells burned at 550 °C. It was found that micro-structure of all egg shells after reacting with copper sulfate solution had a deposition of copper compounds. After drying process, a green powder of copper compounds was obtained. It was found that both copper compounds synthesized using dried and burned egg shells had potentiality for reducing CO concentration. However, the copper oxide compound synthesized using dried egg shells yielded higher removal efficiency for CO concentration. For burning sawdust with and without the synthesized copper compound, the CO removal efficiencies of 61 ± 6.17% and 58 ± 9.27% were obtained, respectively.

Keywords : carbon monoxide; copper oxide; catalyst; egg shell

บทนำ

เปลือกไข่ไก่เป็นวัสดุเหลือทิ้ง และมีการนำไปใช้ประโยชน์ไม่กว้างขวางมากมัก บางส่วนถูกนำมาใช้ประโยชน์โดยการนำไปทำเป็นส่วนผสมของปุ๋ยและอาหารสัตว์ [1] ส่วนใหญ่เปลือกไข่ไก่จะถูกทิ้งเป็นของเสียซึ่งไม่มีการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เนื่องจากเมื่อศึกษาถึงสมบัติโครงสร้างเปลือกไข่ประกอบด้วยออกไซด์ของแคลเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งมีสมบัติเป็นด่าง [2, 3] ช่วยเพิ่มค่าพีเอชเหมาะสำหรับการตกตะกอนทางเคมีของโลหะหนักบางชนิดได้ [4-6] โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้ต่อยอดงานวิจัยที่ใช้เปลือกไข่ในการบำบัดสารละลายโลหะหนักทองแดง ซึ่งได้มีผู้ศึกษาไว้ [5, 6] มาทำการสังเคราะห์สารประกอบคอปเปอร์ โดยนำเปลือกไข่ไก่มาทำปฏิกิริยากับสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต เมื่อได้ผลึกของสารประกอบคอปเปอร์แล้ว นำไปศึกษาลักษณะโครงสร้าง ตลอดจนทำการทดสอบประสิทธิภาพในการใช้เป็นตัวคะตะลิสต์ สำหรับการทำปฏิกิริยาการเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการลดมลภาวะทางอากาศต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเปลือกไข่ไก่

การเตรียมเปลือกไข่ไก่อบ ใช้ตู้อบแห้ง (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น นำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20-40 เมช สำหรับการเตรียมเปลือกไข่ไก่เผาใช้เตาเผาอุณหภูมิสูง (Furnace) ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที นำมาบดและร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 20-40 เมช

การสังเคราะห์สารประกอบคอปเปอร์

การสังเคราะห์สารประกอบคอปเปอร์ แบ่งเป็น 2 ชุด คือ สารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่ไก่อบและสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่ไก่เผา โดยใช้เปลือกไข่ไก่อบหรือเผา 300 กรัม ผสมใน 1 ลิตร สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 68.4 กรัมต่อลิตร โดยสารคอปเปอร์ซัลเฟตที่ใช้เป็นเกรดห้องปฏิบัติการ ($CuSO_45H_2O$, ยี่ห้อ Scharlau Chemie S. A., Spain) จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 18 วัน [6] นำมากรองเพื่อแยกส่วนของแข็งที่ต้องการนำมาอบให้แห้ง จะได้สารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์

จากเปลือกไข่ไก่ นำสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่ไก่เผาและเปลือกไข่ไก่อบดังกล่าวมาศึกษาลักษณะโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy : SEM)

การทดสอบประสิทธิภาพของสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่ไก่ในการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

การทดสอบแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด ดังนี้

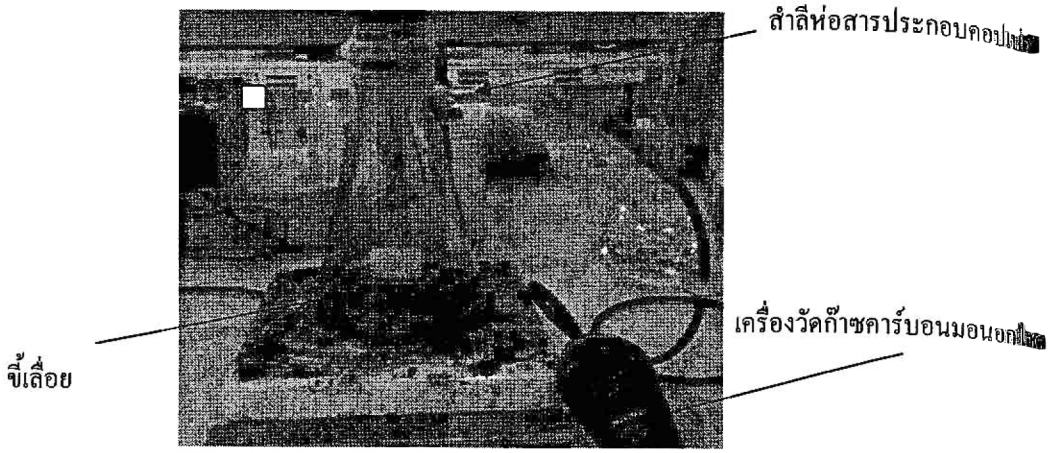
การเผาขี้เลื่อยร่วมกับสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์ได้

ทำการเผาขี้เลื่อย 0.02 กรัมเพียงอย่างเดียวในชุดทดลอง (ดูรูปที่ 1) เพื่อหาความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ช่วงเวลาต่างๆ เป็นเวลา 120 นาที โดยทำการวัดค่าแบบต่อเนื่องใช้เครื่องวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ยี่ห้อ Fluke รุ่น CO-220 จากนั้นทำการเผาขี้เลื่อย 0.02 กรัม ร่วมกับสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์ได้ เพื่อหาความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ช่วงเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการเผาขี้เลื่อยเพียงอย่างเดียว โดยรายละเอียดจากรูปที่ 1 ชุดทดลองในการหาปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ จะใช้ขวดสุญญากาศขนาด 500 มิลลิลิตร เป็นระบบปิดสำหรับการเผาโดยให้ความร้อนคงที่โดยเครื่องให้ความร้อนต่อสายเครื่องวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เข้ากับขวดสุญญากาศเพื่อหาค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เวลาต่างๆ

การไม่เผาขี้เลื่อยร่วมกับสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์ได้

ทำการเผาขี้เลื่อย 0.02 กรัมเพียงอย่างเดียวในชุดทดลอง (ดูรูปที่ 1) เพื่อหาความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ช่วงเวลาต่างๆ จากนั้นทำการเผาขี้เลื่อย 0.02 กรัม ในชุดการทดลองเดิมโดยนำสำลีห่อสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์ได้ทั้ง 2 ประเภทไว้ที่ปลายขวดชุดการทดลอง (รูปที่ 2) หาความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ช่วงเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการเผาขี้เลื่อยเพียงอย่างเดียว โดยรายละเอียดลักษณะชุดการทดลองในรูปที่ 2 มีรายละเอียดชุดการทดลองเหมือนกับในรูปที่ 1 ยกเว้นมีการเพิ่มสำลีที่ปลายขวดชุดทดลองสำหรับห่อสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์ได้

รูปที่ 1 ชุดทดลองเพื่อหาความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์



รูปที่ 2 ชุดการทดลองหาความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยวิธีการไม่เผาขี้เลื่อยร่วมกับสารประกอบคอปเปอร์

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการเตรียมเปลือกไข่ไก่

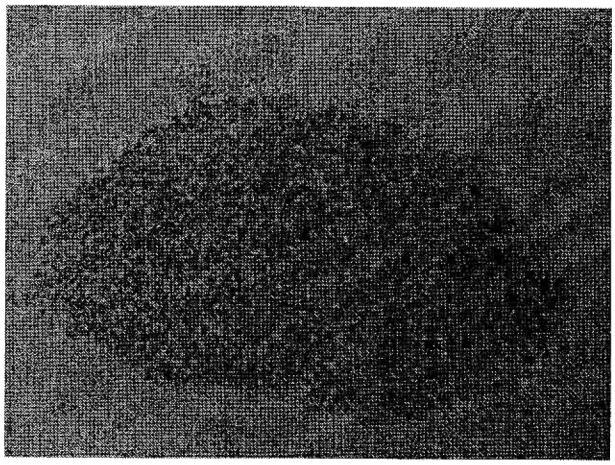
ลักษณะทางกายภาพของเปลือกไข่ไก่ที่ผ่านการอบ

นำเปลือกไข่ไก่มาทำการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 4 ชั่วโมง พบว่าเปลือกไข่ไก่กรอบและแห้งสนิท แล้วนำมาทำการบดร่อนผ่านตะแกรงให้มีขนาด 20-40 เมช (750-370 ไมโครเมตร) มีลักษณะดังรูปที่ 3

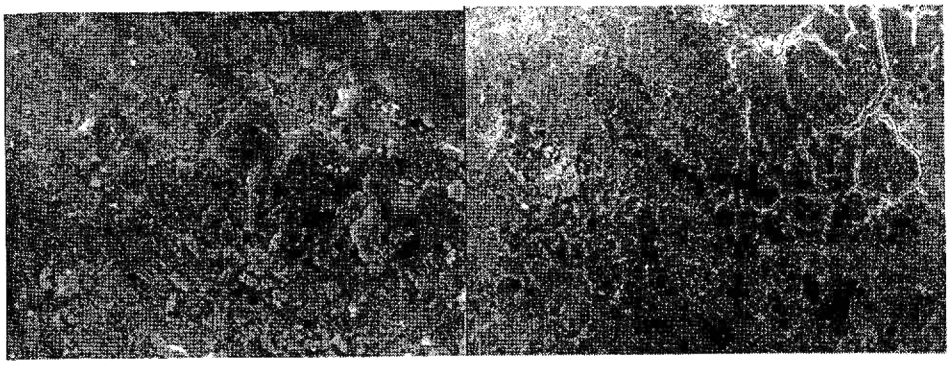
ภายหลังจากนำเปลือกไขไก่อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ขนาด 20-40 เมช มาถ่าย SEM ดูจุลโครงสร้าง พบว่า ลักษณะผิวของเปลือกไข่ไก่มีรอยแยกเล็กน้อยดังรูปที่ 4

ลักษณะทางกายภาพของเปลือกไข่ไก่ที่ผ่านการเผา

นำเปลือกไข่ไก่มาทำการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 25 นาที จนกระทั่งอุณหภูมิภายในตู้เผาลดลงจนเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วนำมาทำการบดร่อนผ่านตะแกรงให้มีขนาด 20-40 เมช (750-370 ไมโครเมตร) มีลักษณะดังรูปที่ 5

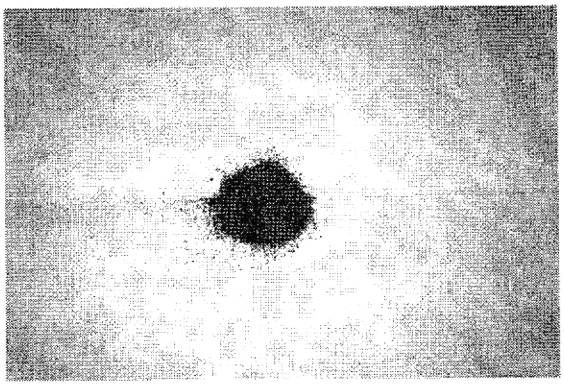


รูปที่ 3 ลักษณะของเปลือกไข่ไก่อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ขนาด 20-40 เมช



(ก) (ข)

รูปที่ 4 โครงสร้างเปลือกไข่ไก่อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ขนาด 20-40 เมช
(ก) กำลังขยาย 500 เท่า (ข) กำลังขยาย 2,000 เท่า

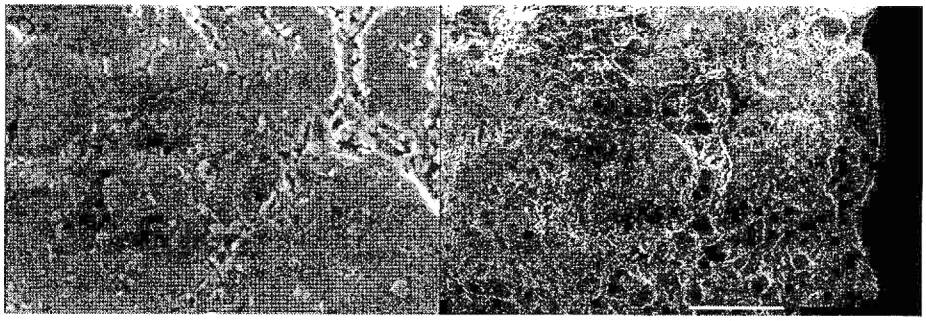


รูปที่ 5 ลักษณะของเปลือกไข่ไก่เผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 25 นาที ขนาด 20-40 เมช

ภายหลังจากนำเปลือกไขไก่ธรรมดาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส มาถ่าย SEM ดูจุลโครงสร้างของเปลือกไข่ไก่ที่ผ่านการแปรสภาพ พบว่า ลักษณะผิวของเปลือกไข่ไก่มีรอยแตกแยกจำนวนมากดังรูปที่ 6

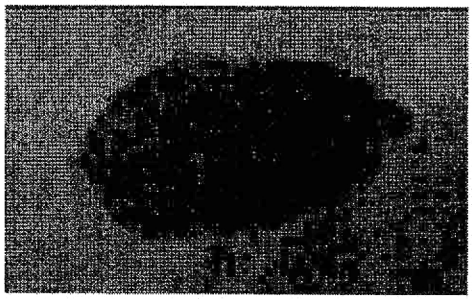
ผลการสังเคราะห์สารประกอบคอปเปอร์

การสังเคราะห์สารประกอบคอปเปอร์โดยใช้เปลือกไข่ไก่อบและเผา พบว่าเมื่อแช่เปลือกไข่ไก่ในสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต เป็นเวลา 18 วัน ความเข้มข้นของทองแดงลดลงโดยสังเกตจากสีน้ำเงินของสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตที่จางลงเมื่อเวลาผ่านไป เมื่อนำมากรองและอบจะได้สารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์โดยใช้เปลือกไข่ไก่อบและเผามีลักษณะเป็นผงสีเขียว แสดงดังรูปที่ 7 และรูปที่ 8 ตามลำดับ เมื่อนำสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์ได้ดังกล่าวมาศึกษาลักษณะโครงสร้างด้วยกล้อง SEM พบว่า ผลึกของสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่ไก่อบมีลักษณะเป็นแท่งแบน เรียงตัวซ้อนกันอย่างไม่เป็นระเบียบ แสดงดังรูปที่ 9 ส่วนผลึกของสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่ไก่เผามีลักษณะเป็นแท่งแบนๆ เป็นช่อและผลึกของสารประกอบทองแดง ที่มีลักษณะกลมฟู ซึ่งผลึกสารประกอบทองแดงที่เกิดขึ้นนี้มีความสมบูรณ์ กล่าวคือ ผลึกที่เกิดไม่มีการแตกหัก แสดงดังรูปที่ 10

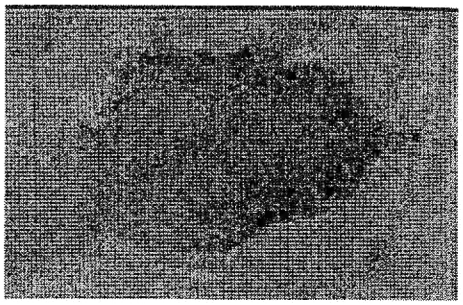


(ก) (ข)

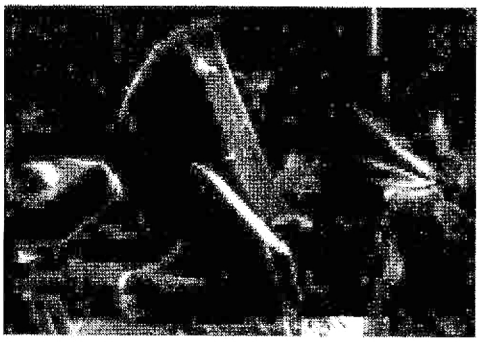
รูปที่ 6 โครงสร้างเปลือกไข่ไก่เผาที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ขนาด 20-40 เมช (ก) กำลังขยาย 500 เท่า (ข) กำลังขยาย 2,000 เท่า



รูปที่ 7 สารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่ไก่อบ



รูปที่ 8 สารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่ไก่เผา

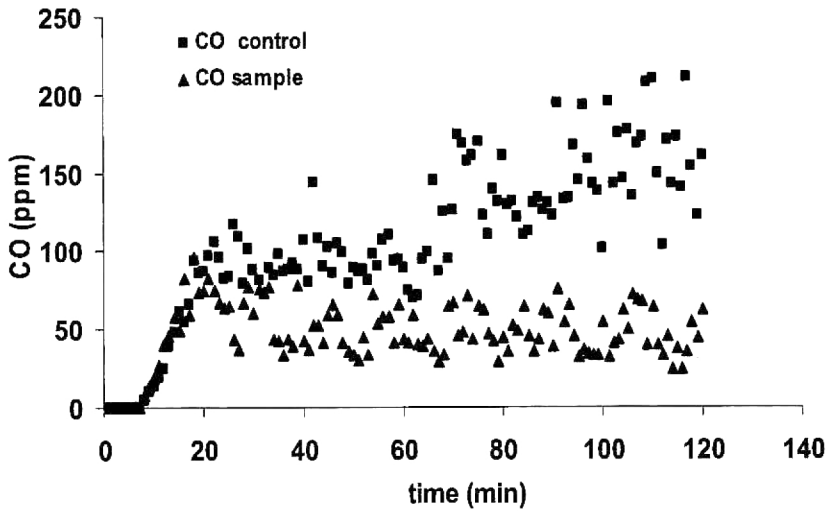


รูปที่ 9 ลักษณะโครงสร้าง สารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่ไก่อบ เมื่อส่องด้วยกล้อง SEM กำลังขยาย 2,000 เท่า

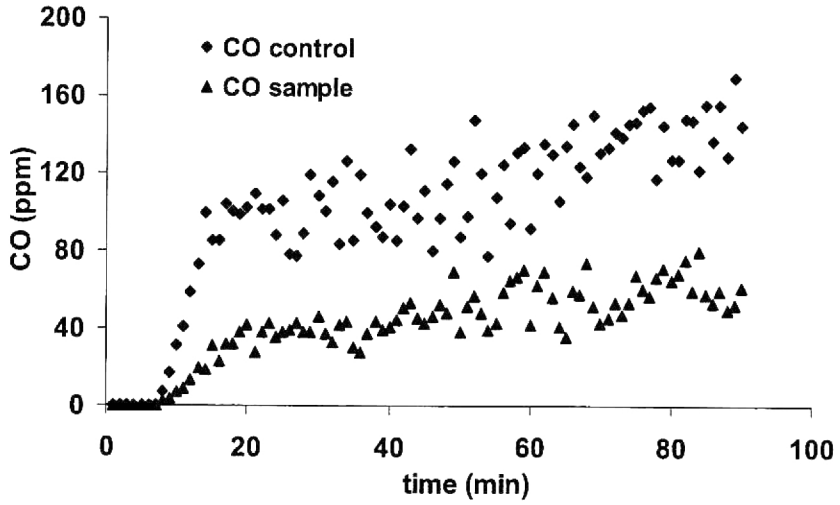
รูปที่ 10 ลักษณะโครงสร้าง สารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่ไก่เผา ส่องด้วยกล้อง SEM กำลังขยาย 2,000 เท่า

ผลศึกษาประสิทธิภาพของสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่ไก่ในการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์ได้จากเปลือกไข่ไก่อบและเปลือกไข่ไก่เผา เพื่อใช้ในการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยทำการทดลอง 2 รูปแบบวิธี คือ เผาสารประกอบคอปเปอร์ร่วมกับขี้เลื่อย และอีกรูปแบบไม่เผาสารประกอบคอปเปอร์ร่วมกับขี้เลื่อยแต่ใช้สำลีห่อสารประกอบคอปเปอร์ จากการศึกษาพบว่าสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่ไก่อบ ให้ประสิทธิภาพในการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ได้ดีกว่าสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่ไก่เผาเล็กน้อย ทั้งในวิธีเผาสารประกอบคอปเปอร์ร่วมกับขี้เลื่อย และไม่เผาสารประกอบคอปเปอร์ร่วมกับขี้เลื่อย มีประสิทธิภาพในการบำบัดเท่ากับร้อยละ 61±6.17 และ 58±9.27 แสดงดังรูปที่ 11 และรูปที่ 12 ตามลำดับ สมมุติฐานการลดลงของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยคาดว่าเปลี่ยนไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นั้นมาจากการเกิดปฏิกิริยากับองค์ประกอบออกไซด์ของสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์ได้ (ดูรายละเอียดในส่วนของอุปกรณ์และวิธีการ) ซึ่งมีลักษณะการทำปฏิกิริยาคล้ายกับสารประกอบคอปเปอร์ออกไซด์ที่สังเคราะห์บนตัวกลางประเภทอื่นที่มีการวิจัย [7] แต่อย่างไรก็ตามในรายละเอียดกลไกของการเกิดปฏิกิริยาควรมีการศึกษาต่อไป



รูปที่ 11 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ด้วยสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่ไก่อบ โดยวิธีการเผาสารประกอบคอปเปอร์ร่วมกับขี้เลื่อย



รูปที่ 12 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ด้วยสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่ไก่อบ โดยวิธีการไม่เผาสารประกอบคอปเปอร์ร่วมกับขี้เลื่อย

สรุป

จากการศึกษาพบว่าสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่ไก่อบและเผามีลักษณะเป็นผงสีเขียว เมื่อนำสารประกอบดังกล่าวมาศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ พบว่าสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่อบมีประสิทธิภาพในการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ดีกว่าสารประกอบคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกไข่ไก่เผา และการบำบัดโดยวิธีเผาสารประกอบคอปเปอร์ร่วมกับเผาขี้เลื่อย ให้ประสิทธิภาพการลดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ดีกว่าวิธีการไม่เผาสารประกอบคอปเปอร์ร่วมกับเผาขี้เลื่อย โดยมีเปอร์เซ็นการบำบัดเท่ากับร้อยละ 61±6.17 และ 58±9.27 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่เอื้ออำนวยสถานที่ตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย ขอขอบคุณ ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย ศูนย์เครือข่ายมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Froning, G.W. and Bergquist, D. Research note: utilisation of inedible eggshells and technical egg white using extrusion technology. Poultry Sci., 69, 2051-2053/1990

[2] Patten, B.M. 1952. *Embryology of the Chick*, The Blakiston Co., New York.

[3] Romanoff, A.L. 1960. *The Avian Embryo*, Macmillan and Co., New York.

[4] Paramesanaporn, Y. 2001. Development of an Adsorbent from Chicken Egg Shell for Cadmium Removal *Master Thesis*, School of Bioresources and Technology KMUTT.

Paksaharn, P., Supavittayapinum, S. and Yrapang, A. 2003. Application of Chicken's Egg Shell for Wastewater Treatment of Heavy Metal Solution *Senior Project*, Department of Environmental Engineering KMUTT.

Sanongraj, S., Paksaharn, P., Supavittayapinum, S. and Yrapang, A. Chicken's Egg Shell Technology for Pretreatment of Waste Solution from Acid Copper Electroplating Baths. In International Conference: Hazardous Waste Management for a Sustainable Future, Bangkok, Thailand, January 10-12/2006

[7] Severino, F. *et. al.* Comparative study of alumina-supported CuO and $CuCr_2O_4$ as catalysts for CO oxidation. J. Catal. 102, 172-179/1986