กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัย เรื่อง แบบจำลองการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดทองแดงจากสารละลายเชิงซ้อนคอปเปอร์-แอมมีนโดยการเปลี่ยนเป็นคอปเปอร์เฟอร์ไรท์ (Empirical model for optimization of copper removal from copper ammine complex by switching to $CuFe_2O_4$) งานวิจัยนี้เสนอการบำบัดทองแดงด้วยกระบวนการเฟอร์ไรท์ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้สารเคมี พื้นที่ในการบำบัด และค่าใช้จ่ายในการบำบัดค่อนข้างต่ำ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งช่วยให้การการจัดเก็บข้อมูลมีประสิทธิภาพ เป็นการใช้ทรัพยากรในการทดลองคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงสุด อีกทั้งยังแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของผลตอบสนองเมื่อระดับของปัจจัยที่ศึกษามีการเปลี่ยนแปลง ทางผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นทางเลือกหนึ่ง เพื่อป้องกันแก้ไขปัญหามลพิษ เป็นการรักษาคุณภาพชีวิตในสถานที่ทำงานและชุมชนอย่างปลอดภัยและใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อม

โครงงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 จากคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานผู้บริหารคณะวิทยาศาสตร์ ตลอดจนผู้ประสานงานวิจัยของส่วนงานวิชาการดังกล่าว คือ นางอาทิตา เสนีย์เดชกุลและ นางนิทรา ณ เรืองศรี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีของงานวิจัย ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านและบิดาผู้ล่วงลับ

กนกพร สุพงษ์

งานวิจัยเรื่อง แบบจำลองการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดทองแดงจากสารละลายเชิงซ้อนคอปเปอร์-แอมมีนโดยการเปลี่ยนเป็นคอปเปอร์เฟอร์ไรท์
แหล่งเงิน ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประเภทส่งเสริมนักวิจัย
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 จำนวนเงิน 40,000 บาท (สี่หมื่นบาทถ้วน)
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2559 - กันยายน 2560
คณะผู้วิจัย นางสาว กนกพร สุพงษ์ สังกัดคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
02-329-8000-8099

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดทองแดงในสารละลายเชิงซ้อนโดยการเปลี่ยนเป็นคิวปรัสเฟอร์ไรท์ โดยใช้การออกแบบจำลองการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดทองแดงจากการออกแบบการทดลองแบบเซนทรัลคอมโพสิต ซึ่งเป็นวิธีการออกแบบการทดลองที่มีประสิทธิภาพสำหรับการทดลองแบบเบทซ์ และวัดปริมาณความเข้มข้นของทองแดงที่เหลืออยู่ด้วยเครื่องเฟลมอะตอมมิกซแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดทองแดงโดยแปรค่ากรด-เบส, อุณหภูมิของปฏิกิริยา และระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยา จากการทดลองพบว่าสมการทำนายในรูปแบบเต็มของสมการควอราติกมีค่าของ R^2= 99.16, Adj-R^2= 98.40, Pred-R^2= 93.55, S=0.81 และ PRESS= 19485.8 ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความเหมาะสมค่อนข้างสูงที่มีต่อผลการทดลอง ดังนั้นเมื่อนำสมการดังกล่าวมาทำนายความเข้มข้นของทองแดงที่เหลืออยู่ในสารละลายพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากผลการทดลอง นอกจากนี้ยังตรวจสอบความถูกต้องของสมการพยากรณ์ดังกล่าว โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมกับการวิเคราะห์ค่าส่วนตกค้าง จากนั้นจึงสร้างพื้นผิวตอบสนองเพื่อวิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสมของแต่ละตัวแปรโดยกราฟสามมิติ แล้วคำนวณสภาวะเหมาะสมที่สุดในการกำจัดทองแดงให้มีความเข้มข้นเหลือ 2 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยใช้โปรแกรมมินิแทบ จากผลการวิเคราะห์มีค่าเท่ากับ พีเอช 10 อุณหภูมิของปฏิกิริยา 60 ˚c และระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยา 102 นาที ซึ่งเมื่อนำสภาวะดังกล่าวมาทำการทดลองพบว่าความเข้มข้นที่เหลืออยู่ของทองแดงเท่ากับ 2.77 $\pm$ 0.21 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าจากการทำนาย ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแบบจำลองการทดลองมีความเหมาะสมในการทำนายความเข้มข้นที่เหลืออยู่ของทองแดงจากวิธีกำจัดทองแดงในสารละลายเชิงซ้อนเชิงซ้อนโดยการเปลี่ยนเป็นคอปเปอร์เฟอร์ไรท์

คำสำคัญ : แบบจำลองการทดลอง, การกำจัดทองแดง, ทองแดงเชิงซ้อน, คิวปรัสเฟอร์ไรท์

Project Title Empirical model for optimization of copper removal from copper ammine complex by switching to $CuFe_2O_4$
Researcher Miss Kanokporn supong
Faculty: Science
Department: Chemistry

ABSTRACT

This research studied empirical model for copper treatment in chelated copper synthetic wastewater by switching to $CuFe_2O_4$. $Cu(NH_3)_4^{2+}$ synthetic of wastewater is used as a source of chelated copper synthetic wastewater. A central composite design (CCD) was effectively worked for batch experimental and copper concentrations were determined using Flame Atomic Absorption Spectrophotometer. In this study, effect of pH, reaction temperature and reaction time were examined. The full quadratic model terms with have R^2= 99.16, Adj-R^2= 98.40, Pred-R^2= 93.55, S=0.81 and PRESS= 19485.8 which were highly significant model term. An empirical model was developed and validated applying ANOVA analysis incorporating residual plots. Response surface methodology (RSM) showed the three dimensional plots which was used for estimation of operating variables. The optimum conditions calculated from MINITAB for 2 mg/L of residual copper concentrations which were identified as: pH10, reaction temperature 60 ºC and reaction time 102 minutes using response optimizer. The experiment values for the residual copper was 2.77 $\pm$ 0.21 mg/L that were in close results with the predicted optimal. The results show the empirical model developed in this study that resulted in good agreement between actual and predicted responses for the copper treatment in chelated copper synthetic by switching to $CuFe_2O_4$.

Keywords: empirical model, copper treatment, chelated copper, $CuFe_2O_4$

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ก

บทคัดย่อภาษาไทย ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ค

สารบัญ ง

สารบัญตาราง ฉ

สารบัญรูป ช

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในงานวิจัย ซ

บทที่1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงานวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัย.....3

1.3 ขอบเขตการวิจัย.....3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....4

บทที่2 ทฤษฎีและหลักการ.....5

2.1 น้ำเสีย.....5

2.2 ทองแดง.....5

2.3 วิธีการกำจัดโลหะทองแดงในน้ำเสีย.....6

2.4 การกำจัดโลหะทองแดงด้วยการเปลี่ยนเป็นคิวปรัสเฟอร์ไรท์.....9

2.5 การออกแบบการทดลองแบบวิธีพื้นผิวตอบสนอง.....12

2.6 มาตรฐานและข้อกำหนดของโลหะทองแดงที่ปนเปื้อนในน้ำ.....16

2.7 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....16

บทที่3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....18

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี.....18

3.2 การเตรียมน้ำเสียและแผนทดลองแบบเซนทรัลคอมโพสิต.....18

3.3 วิธีการทดลอง.....20

บทที่4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล.....23

4.1 ผลศึกษาการกำจัดทองแดงตามแผนทดลองแบบเซนทรัลคอมโพสิต.....23

4.2 ผลศึกษาการสร้างสมการทำนายความเข้มข้นทองแดง.....25

4.3 ผลศึกษาการวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสมของปัจจัย.....29

4.4 ผลศึกษาการเปรียบเทียบค่าของการทดลองกับการทำนาย.....33

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....35

5.1 สรุปผลการวิจัย.....35

5.2 ข้อเสนอแนะ.....36

เอกสารอ้างอิง.....37

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางสถิติ.....42

ภาคผนวก ข สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย.....48

ประวัติผู้เขียน.....49

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 การจัดเรียงตัวอิเล็กตรอนของธาตุแทรนซิชันในคิวปรัสเฟอร์ไรท์.....11
2.2 ค่าแมกเนติกโมเมนต์สุทธิต่อโมเลกุลของคิวปรัสเฟอร์ไรท์.....11
3.1 พารามิเตอร์สำหรับวิเคราะห์เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์.....19
3.2 ค่า coded value สำหรับตัวแปรของแผนการทดลองแบบเซนทรัลคอมโพสิต.....19
3.3 แผนการทดลองแบบเซนทรัลคอมโพสิตประเภท 3 ระดับปัจจัย.....19
4.1 ผลของแผนการทดลองแบบเซนทรัลคอมโพสิตกับความเข้มข้นทองแดงที่คงเหลือ.....24
4.2 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแบบจำลองสมการทำนาย.....25
4.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากแบบจำลองสมการทำนาย.....26
4.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากแบบจำลองสมการ Full Quadratic.....26
4.5 ผลศึกษาการเปรียบเทียบค่าของการทดลองกับการทำนาย.....33

สารบัญรูป

ภาพที่ **หน้า**

2.1 โลหะทองแดง.....6
2.2 Spinal Structure.....10
2.3 โมเดลแสดงการกระจายปัจจัยของแผนการทดลอง.....13
4.1 ลักษณะของสารละลายเชิงซ้อนคอปเปอร์แอมมีนสังเคราะห์ที่ใช้ศึกษา.....23
4.2 การวิเคราะห์ส่วนตกค้างของการกำจัดไอออนทองแดงจากอิทธิพลของค่าพีเอช.....27
4.3 การวิเคราะห์ส่วนตกค้างของการกำจัดไอออนทองแดงจากอิทธิพลของอุณหภูมิ.....28
4.4 การวิเคราะห์ส่วนตกค้างของการกำจัดไอออนทองแดงจากอิทธิพลระยะเวลาปฏิกิริยา.....28
4.5 พื้นผิวผลตอบสนองของอุณหภูมิและเวลาที่มีต่อความเข้มข้นของไอออนทองแดงที่เหลือ.....29
4.6 พื้นผิวผลตอบสนองของพีเอชและเวลาที่มีต่อความเข้มข้นของไอออนทองแดงที่เหลือ.....30
4.7 พื้นผิวผลตอบสนองของอุณหภูมิและเวลา ที่มีต่อความเข้มข้นของไอออนทองแดงที่เหลือ.....31
4.8 สภาวะที่เหมาะสมต่อการกำจัดทองแดงของสารละลายเชิงซ้อนสังเคราะห์.....32
4.9 สารละลายเชิงซ้อนคอปเปอร์แอมมีนหลังผ่านการกำจัดทองแดง.....34

นิยามคำศัพท์

AAS	Atomic Absorption Spectrophotometer
aq.	aqueous
pH	Potential of Hydrogen ion
มก.	มิลลิกรัม
มล.	มิลลิลิตร
Kg.	กิโลกรัม
V.	voltage
A.	ampere
SD	Standard Deviation
% RSD	Relative Standard Diviation
g/mol	grams per mole
mol/L	mole / liter
ppm.	Part per million
กก.	กิโลกรัม
ชม.	ชั่วโมง
ตร.ซม.	ตารางเซนติเมตร
นน.	น้ำหนัก
มม.	มิลลิเมตร