

บทความวิจัย

การตรวจวัดปรอท (II) ด้วยเอโซเมทีนเอชโดยอาศัยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี

งามจิต ไพรงาม^{1*} และ ศุภกาญจน์ รัตนกร¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการวิเคราะห์ Hg^{2+} ด้วยเอโซเมทีนเอช (L) โดยอาศัยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี Hg^{2+} ทำปฏิกิริยากับเอโซเมทีนเอชเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีเหลืองในสารละลายอะซิเตทบัฟเฟอร์ pH 4 จากการศึกษาด้วยวิธีของ Job พบว่า Hg^{2+} ทำปฏิกิริยากับ L ในอัตราส่วน 1:1 เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนในรูป HgL ค่าการดูดกลืนแสงที่ 425.5 nm แสดงความสัมพันธ์แบบเส้นตรงกับความเข้มข้นของ Hg^{2+} ในช่วง 3.0×10^{-6} - 1.0×10^{-3} M ($R^2 = 0.9992$) ค่าขีดจำกัดต่ำสุดในการวิเคราะห์และขีดจำกัดต่ำสุดในการวิเคราะห์เชิงปริมาณมีค่าเท่ากับ 3.0×10^{-6} M และ 5.0×10^{-6} M ตามลำดับ ความเที่ยงในการวิเคราะห์เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย Hg^{2+} 5.0×10^{-5} M และ 1.0×10^{-4} M Hg^{2+} ซ้ำ 5 ครั้งมีค่าเท่ากับ 2.84% และ 1.22% ตามลำดับ เทคนิควิเคราะห์นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ Hg^{2+} ในน้ำตัวอย่างได้

คำสำคัญ: ปรอท เอโซเมทีนเอช สเปกโทรโฟโตเมทรี

¹ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน, e-mail: ngamjit@g.swu.ac.th

A Spectrophotometric Method for Mercury (II) Detection with Azomethine H

Ngamjit Praingam^{1*} and Supakan Rattanakon¹

ABSTRACT

A spectrophotometric determination of Hg^{2+} with azomethine H (L) was studied. Hg^{2+} reacts with azomethine H to form a yellow complex in an acetate buffer solution of pH 4. Job's method of continuous variation suggested 1:1 metals to ligand stoichiometry for Hg^{2+} complex (HgL). The absorption measurements at 425.5 nm were linearity related to the concentration of Hg^{2+} in the range of 3.0×10^{-6} - 1.0×10^{-3} M ($R^2 = 0.9992$). The limit of detection and limit of quantification were found to be 3.0×10^{-6} M and 5.0×10^{-6} M, respectively. Method precision (repeatability) were determined by relative standard deviation for five repeated measurements at 5.0×10^{-5} M and 1.0×10^{-4} M Hg^{2+} were 2.84% and 1.22%, respectively. The proposed method was applied successfully for the determination of Hg^{2+} content in water samples.

Keywords: Mercury, Azomethine H, Spectrophotometry

¹Department of Chemistry, Faculty of Science, Srinakharinwirot University.

*Corresponding author, e-mail: ngamjit@g.swu.ac.th

บทนำ

การวิเคราะห์หาปริมาณไอออนของโลหะหนักที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ขบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม ทางชีววิทยาและการแพทย์เป็นสิ่งที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตและสุขภาพของมนุษย์ การปนเปื้อนของปรอทในสิ่งแวดล้อมมักอยู่ในรูป Hg^{2+} และ Hg_2^{2+} ซึ่งสามารถนำไปสู่โรคมินามาตะเมื่อสะสมในร่างกาย อีกทั้งยังสามารถเปลี่ยนเป็นปรอทอินทรีย์ซึ่งมีพิษร้ายแรงโดยอาศัยแบคทีเรีย และเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศได้ ตัวอย่างปรอทอินทรีย์ที่มีพิษร้ายแรง เช่น เมทิลเมอร์คิวรีสามารถทำลายระบบประสาท กล้ามเนื้อและทำให้ถึงแก่ชีวิตได้ [1] ปริมาณปรอทที่อนุญาตให้มีได้ในน้ำดื่มและอาหารทะเลมีค่าเท่ากับ $1 \mu g/L$ ซึ่งกำหนดโดยองค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) และ 0.5 mg/kg ซึ่งกำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุข [2, 3]

ปัจจุบันเทคนิคที่ใช้การวิเคราะห์ปรอทมีหลายเทคนิคเช่น โปเทนซีโอเมตรี [4] อินดิคทีฟลิคัฟเฟิลพลาสมาแมสสเปกโทรโฟโตเมตรี [5] เอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์สเปกโทรโฟโตเมตรี [6] อะตอมมิคแอสซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมตรี [7] โคลด์เวเพอร์อะตอมมิคแอสซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมตรี [8] ฟลูออเรสเซนส์สเปกโทรโฟโตเมตรี [9, 10] ถึงแม้ว่าเทคนิคเหล่านี้จะมีความไวและความเที่ยงสูงแต่ก็มีขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่าง เครื่องมือมีราคาสูงและซับซ้อนซึ่งต้องอาศัยผู้ปฏิบัติการที่มีความรู้และทักษะการทำงานของเครื่อง ดังนั้นเพื่อลดความยุ่งยากและค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ปรอทเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมตรีและตัวตรวจวัดทางแสง (optical sensor) จึงเป็นที่นิยมมาก นอกจากจะสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีได้ด้วยตาเปล่าแล้วยังสามารถวิเคราะห์ปริมาณได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเลือกใช้รีเอเจนต์หรือตัวตรวจวัดที่เหมาะสม ตัวตรวจวัดที่ใช้ในการวิเคราะห์ Hg^{2+} มักมีอะตอมที่ให้คู่อิเล็กตรอนคือ ไนโตรเจน ออกซิเจนและซัลเฟอร์ ซึ่งสามารถเกิดพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์กับ Hg^{2+} ได้เช่น Terphenyl derivative [9] Thiooxorhodamine [10] Phenothiazine [11] 2,3-diferrocenylquinoxaline [12] 4-(2-pyridylazo)-resorcinol [13] Benzothiazolium Hemicyanine [14] ลิแกนด์เอโซเมทีนเอซเป็นลิแกนด์ที่มีหมู่ให้อิเล็กตรอนคือหมู่ไฮดรอกซิลและหมู่เอมีน นิยมใช้เป็นตัวตรวจวัดโบรอนในตัวอย่าง อุ่น [15] ดิน [16] น้ำ [17] โดยเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีเหลืองกับโบรอน จากการศึกษาพบว่าการใช้เอโซเมทีนเอซเป็นตัวตรวจวัดมีน้อยมากและโดยทั่วไปแล้วตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ปรอทมักไม่มีโบรอนปนอยู่ด้วย ในงานวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาการวิเคราะห์ Hg^{2+} ด้วยลิแกนด์เอโซเมทีนเอซโมโนไซเดียมซึ่งละลายน้ำได้ดีและทำการตรวจวัดปริมาณ Hg^{2+} โดยอาศัยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมตรี มีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการวิเคราะห์ เช่น pH ตัวรบกวน อัตราส่วนโมลระหว่าง Hg^{2+} และเอโซเมทีนเอซในสารเชิงซ้อน

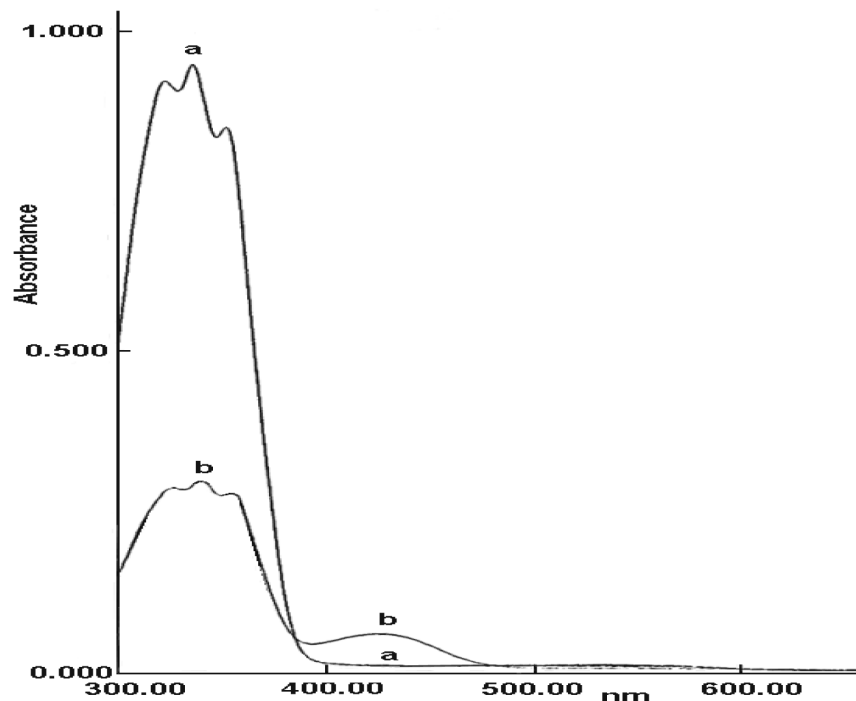
อุปกรณ์และวิธีทดลอง

สารเคมีที่ใช้ได้แก่ Azomethine H monosodium salt hydrate (L), $(NH_4)_2FeSO_4 \cdot 6H_2O$, $MnSO_4 \cdot H_2O$, $AgNO_3$, $NiSO_4 \cdot 6H_2O$, $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, $CuSO_4$, $Hg(CH_3COO)_2$ และ $Cd(NO_3)_2$, $Pb(NO_3)_2$ เป็นสาร analytical grade และเตรียมเป็นสารละลายด้วยน้ำกลั่นตามความเข้มข้นที่ต้องการ สารละลายเตรียมใหม่เมื่อใช้วัดการดูดกลืนแสงด้วย Shimadzu double beam UV-VIS spectrophotometer Model UV-2101 PC และวัด pH ด้วย Metrohm pH meter

การเตรียมสารละลายเพื่อนำไปวัดการดูดกลืนแสงทำโดยผสมสารละลาย Hg^{2+} และสารละลายเอโซเมทีนเอซที่ความเข้มข้นและปริมาตรที่ต้องการเตรียมแล้วปรับสารละลายให้มี pH 4 ด้วยอะซิเตทบัฟเฟอร์ จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 425.5 nm ในการศึกษาผลของ pH ต่อการวิเคราะห์จะมีการปรับ pH 2-12 ด้วย NaOH เข้มข้น 1 M และ HNO_3 เข้มข้น 1 M ทำการไทเทรตสารละลายเอโซเมทีนเอซด้วยสารละลาย Hg^{2+} แล้วนำไปวัดสเปกตรากที่ 300-600 nm และในการศึกษาความเฉพาเจาะจงในการตรวจวัดปรอท จะมีการศึกษาตัวรบกวนการวิเคราะห์โดยการเติมสารละลาย Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ag^+ , Ni^{2+} , Co^{2+} , และ Cu^{2+} แต่ละชนิดที่ความเข้มข้น 5 เท่าของความเข้มข้น Hg^{2+}

ผลการทดลอง

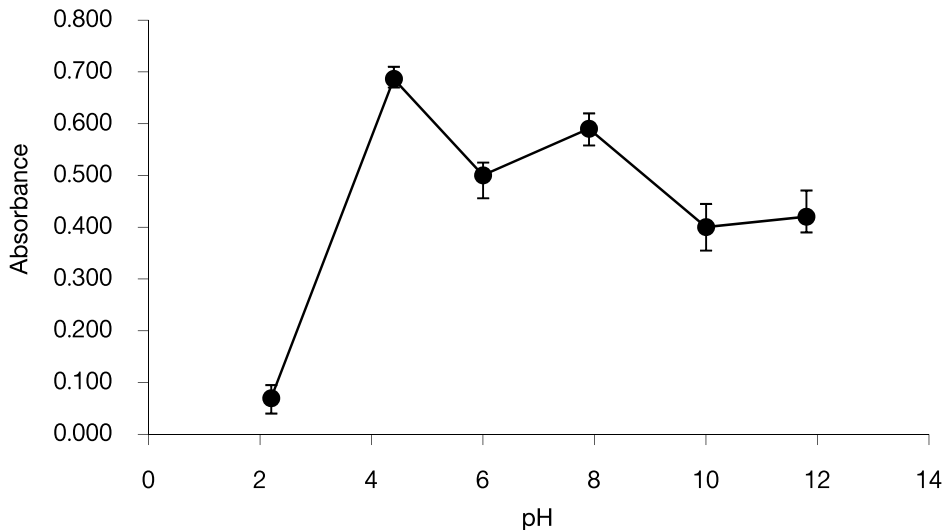
สารละลายเอโซเมทีนเอซเข้มข้น 5×10^{-4} M ไม่มีสี เมื่อนำมาผสมกับสารละลาย Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ag^+ , Ni^{2+} , Co^{2+} , และ Cu^{2+} ที่มีความเข้มข้นเท่ากัน ที่ละชนิดพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงสี ยกเว้น Hg^{2+} ซึ่งสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทันที สเปกตรากการดูดกลืนแสงที่ 300-600 nm แสดงดัง รูปที่ 1 พบว่า สารละลายเอโซเมทีนเอซดูดกลืนแสงได้ดีที่ $\lambda_{\text{max}} = 340$ nm ($\epsilon = 11,280 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) ดังรูป 1a และสารละลายสีเหลืองของสารประกอบเชิงซ้อนปรอทดูดกลืนแสงได้ดีที่ $\lambda_{\text{max}} = 425.5$ nm ($\epsilon = 1,740 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) และการดูดกลืนแสงที่ $\lambda_{\text{max}} = 340$ nm จะลดลงดังรูปที่ 1b



รูปที่ 1 สเปกตรากของ (a) สารละลายเอโซเมทีนเอซเข้มข้น 5.0×10^{-5} M และ (b) สารละลายผสมที่มีความเข้มข้น Hg^{2+} และเอโซเมทีนเอซเท่ากับ 5×10^{-5} M

การศึกษาผลของ pH ที่มีต่อการตรวจวัดปรอท

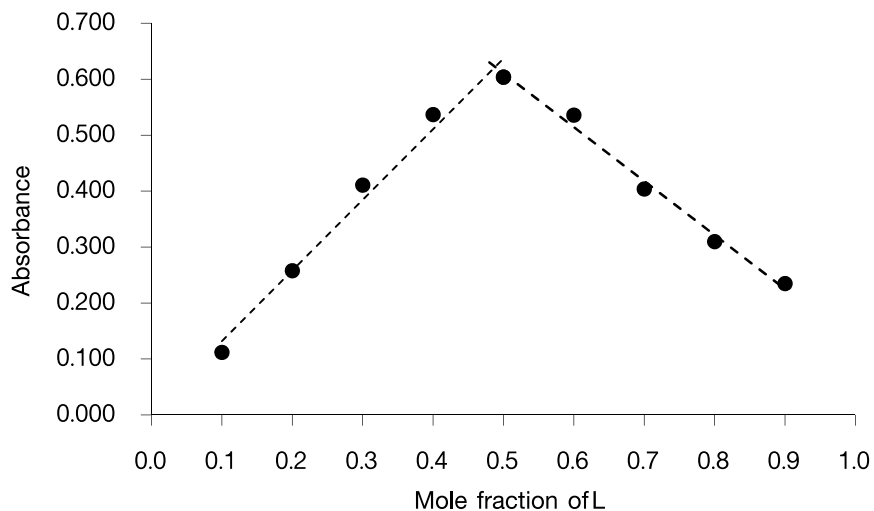
เมื่อนำสารละลายผสมระหว่างสารละลาย Hg^{2+} และสารละลายเอโซเมทีนเอชที่มีความเข้มข้นเท่ากันที่ 4.0×10^{-5} M แล้วปรับให้มี pH 2.2-11.8 นำมาวัดการดูดกลืนแสงที่ 425.5 nm ทำซ้ำ pH ละ 3 ครั้ง ค่าที่ได้นำมาสร้างกราฟแสดงดังรูปที่ 2 พบว่า pH มีผลต่อการตรวจวัดปรอท โดยที่ pH เท่ากับ 4 เป็นค่า pH ของสารละลายผสมที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด และเมื่อสารละลายเป็นกรดหรือเบสมากขึ้นจะให้ค่าการดูดกลืนแสงลดลงและสารละลายยังคงเป็นสีเหลือง เมื่อทำการทดสอบผลของ pH ต่อสารละลายเอโซเมทีนเอชพบว่า สารละลายเอโซเมทีนเอชไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อ pH เปลี่ยน ดังนั้นผลของ pH ที่ทำให้การดูดกลืนแสงลดลงนั้นมาจากการตกตะกอนไฮดรอกไซด์ของปรอทในสารละลายเบสหรือการแตกตัวของสารประกอบเชิงซ้อนของปรอทในสารละลายกรดเนื่องจากมี H^+ มาแย่งจับกับลิแกนด์เอโซเมทีนเอชดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปรอทด้วยเทคนิคนี้ คือ pH 4 ในการทดลองจึงปรับ pH ของสารละลายด้วยอะซิเตทบัฟเฟอร์ pH 4 ก่อนทำการวิเคราะห์



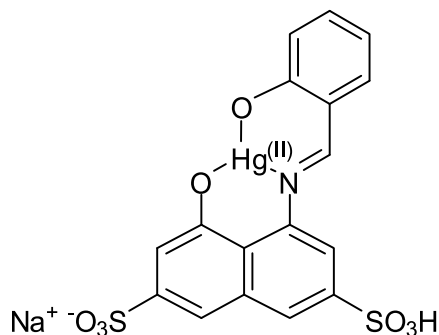
รูปที่ 2 กราฟระหว่างค่า pH และการดูดกลืนแสงที่ 425.5 nm ของสารละลายผสมระหว่างสารละลาย Hg^{2+} และสารละลายเอโซเมทีนเอชที่มีความเข้มข้น 4.0×10^{-5} M

การศึกษา Stoichiometric ratio ของสารประกอบเชิงซ้อนของปรอท

เมื่อนำค่าการดูดกลืนแสงที่ 425.5 nm ของสารละลายผสมระหว่างสารละลาย Hg^{2+} และสารละลายเอโซเมทีนเอช (L) เข้มข้น 2.0×10^{-3} M ในปริมาตรต่างๆ กันที่ pH 4 มาสร้าง Job's plot ดังรูปที่ 3 พบว่า เมื่อสร้างเส้นแนวโน้มเส้นตรง 2 เส้นจะตัดกันที่อัตราส่วนโมลเท่ากับ 0.5 ซึ่งหมายความว่า สารประกอบเชิงซ้อนของปรอทเกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง Hg^{2+} : เอโซเมทีนเอชในอัตราส่วนโมล 1 : 1 แสดงถึงสูตรเคมีของสารประกอบเชิงซ้อนปรอทในรูปของ HgL และเสนอโครงสร้างที่อาจเป็นไปได้ของสารประกอบเชิงซ้อน HgL ดังรูปที่ 4 ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับสารเชิงซ้อนระหว่างโบรอนและเอโซเมทีนเอชที่มีอัตราส่วนโมลแบบ 1 : 1 เช่นกัน [18] โดยที่หมู่ให้อิเล็กตรอนทั้งสามของเอโซเมทีนเอชคือ หมู่อะมิโนของเซคันดารีอามีน หมู่ไฮดรอกซิลของฟีนอลและหมู่ไฮดรอกซิลของแนฟทอลสร้างพันธะโคออร์ดิเนทโคเวเลนต์กับ Hg^{2+} เกิดเป็นวงหกเหลี่ยมสองวงติดกันในสารประกอบเชิงซ้อน HgL



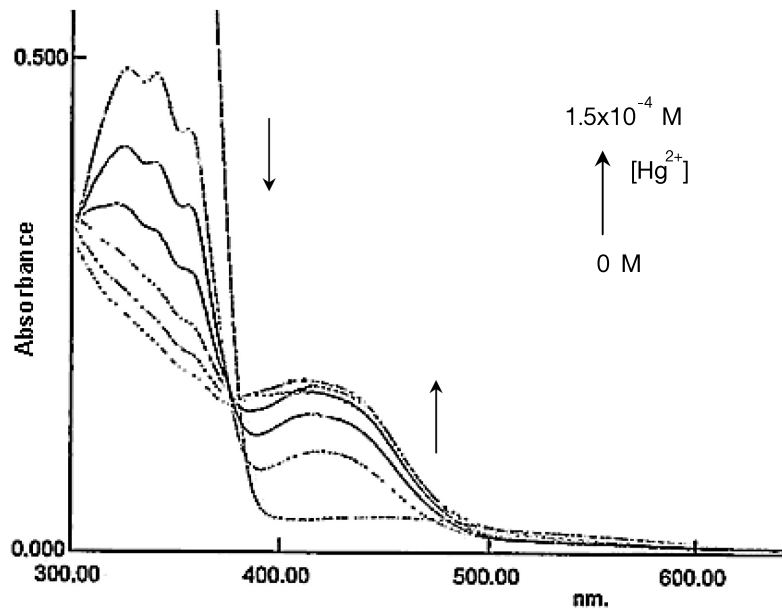
รูปที่ 3 Job's plot ของสารละลายผสมระหว่างสารละลาย Hg^{2+} และสารละลายเอโซเมทีนเอช (L) ที่ pH 4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 425.5 nm



รูปที่ 4 โครงสร้างที่เป็นไปได้ของสารประกอบเชิงซ้อน HgL

การไทเทรตของสารละลายเอโซเมทีนเอซด้วยสารละลาย Hg²⁺

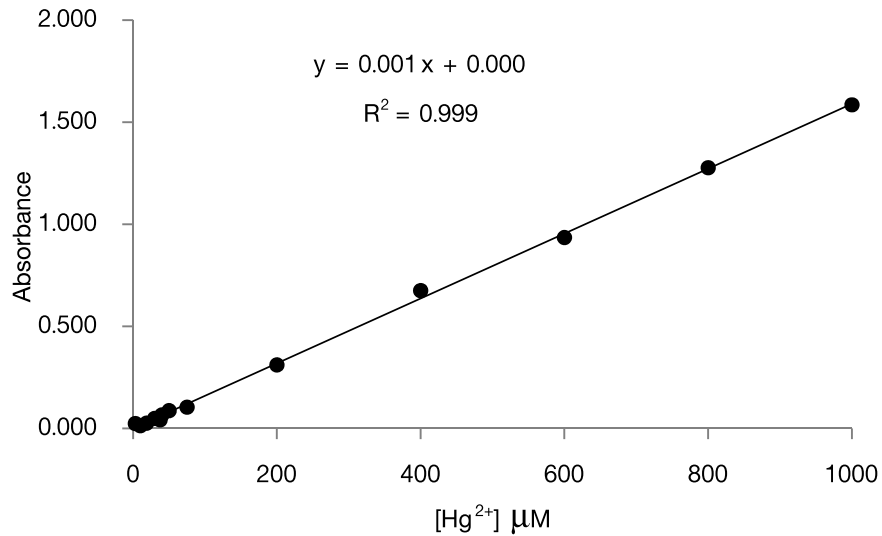
เมื่อไทเทรตสารละลายเอโซเมทีนเอซเข้มข้น 1×10^{-4} M ด้วย สารละลาย Hg²⁺ เข้มข้น 0.0 M- 1.5×10^{-4} M แล้วนำไปวัดสเปกตรานในช่วงความยาวคลื่น 300-600 nm ผลแสดงดังรูปที่ 5 จากสเปกตราแสดงค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นฟังก์ชันกับปริมาณของ Hg²⁺ ที่เพิ่มขึ้น แถบการดูดกลืนแสงของสารละลายเอโซเมทีนเอซที่มีความยาวคลื่น 340 nm มีค่าลดลงเมื่อปริมาณของ Hg²⁺ เพิ่มขึ้น และเกิด red-shift ได้แถบการดูดกลืนแสงใหม่ที่ความยาวคลื่น 425.5 nm ซึ่งมีค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ Hg²⁺ ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้สีของสารละลายเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีเหลืองเข้มขึ้น แถบการดูดกลืนแสงใหม่นี้เป็นของสารละลายสีเหลืองของสารประกอบเชิงซ้อน (HgL) และเมื่อเติมสารละลาย Hg²⁺ มากเกินพอจะพบว่าค่าการดูดกลืนแสงไม่เพิ่มขึ้น และมี isosbestic point 1 จุดที่ความยาวคลื่นประมาณ 380 nm



รูปที่ 5 สเปกตรากาโรเทรตของสารละลายไอโซเมทีนเอซเข้มข้น 1×10^{-4} M ด้วยสารละลาย Hg^{2+} ที่ pH 4 และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 425.5 nm

การตรวจวัดปรอท

เมื่อนำสารละลายผสมระหว่างสารละลาย Hg^{2+} เข้มข้น 3.0×10^{-6} - 1.0×10^{-3} M และสารละลายไอโซเมทีนเอซเข้มข้น 2.0×10^{-3} M ที่ pH 4 มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 425.5 nm และสร้างกราฟมาตรฐานดังรูปที่ 6 จากผลการทดลองพบว่าค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารละลาย Hg^{2+} เพิ่มขึ้น และความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย Hg^{2+} 3.0×10^{-6} - 1.0×10^{-3} M กับค่าการดูดกลืนแสงเป็นเส้นตรงที่ดีมีค่า $R^2 = 0.9992$ ค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดปรอท (Detection limit, LOD) มีค่าเท่ากับ 3.0×10^{-6} M ($n = 5$) ซึ่งคำนวณจาก $(\bar{X}_{\text{blank}} + 3SD_{\text{blank}})/\text{slope}$ (\bar{X}_{blank} = ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสงของแบลนด์, SD_{blank} = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบลนด์ และ slope = ความชันของกราฟมาตรฐาน) และค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์ปริมาณปรอท (Quantification limit, LOQ) มีค่าเท่ากับ 5.0×10^{-6} M ($n = 5$) ซึ่งคำนวณจาก $(\bar{X}_{\text{blank}} + 10SD_{\text{blank}})/\text{slope}$ ค่าความเที่ยงของการตรวจวัดปรอทวัดได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative standard deviation, %RSD) ของสารละลาย Hg^{2+} ที่ 2 ความเข้มข้น คือ 5.0×10^{-5} M และ 1.0×10^{-4} M มีค่าเท่ากับ 2.84% และ 1.22% ($n = 5$) ตามลำดับ ค่าความเที่ยงน้อยกว่า 5% แสดงว่าเทคนิคนี้มีความเที่ยงในการวิเคราะห์ปรอท การเปรียบเทียบช่วงความเข้มข้นของการวิเคราะห์ (Linear range) และค่า LOD ของเทคนิคนี้กับงานวิจัยอื่นๆ แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า เทคนิคนี้มีความเที่ยงในการวิเคราะห์ที่กว้างกว่า และมีค่า LOD ต่ำกว่าเทคนิคอื่นๆ



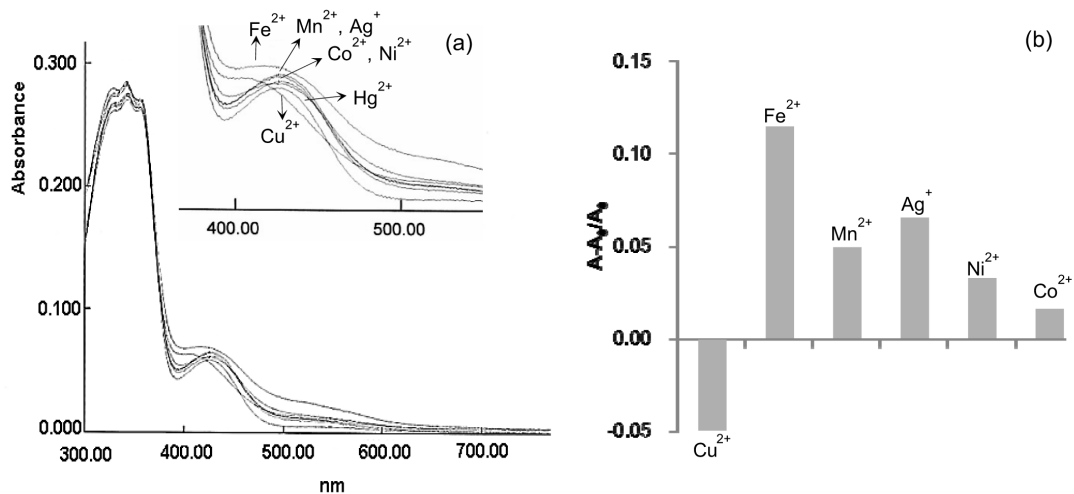
รูปที่ 6 กราฟมาตรฐานของสารละลายผสมระหว่างสารละลาย Hg^{2+} เข้มข้น $3.0 \times 10^{-6} \text{ M}$ - $1.0 \times 10^{-3} \text{ M}$ และสารละลายเอโซเมทีนเอซเข้มข้น $2.0 \times 10^{-3} \text{ M}$ ที่ pH 4 โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 425.5 nm

ตารางที่ 1 ช่วงความเข้มข้น Hg^{2+} และค่า LOD ของเทคนิควิเคราะห์ต่างๆ

ตัวตรวจวัด Hg^{2+}	Linear Range	Limit of Detection	Ref.
Azomethine H	3.0×10^{-6} - $1.0 \times 10^{-3} \text{ M}$	$3.0 \times 10^{-6} \text{ M}$	This work
Terphenyl derivative	0.1-30 μM	-	9
Thiooxorhodamine	0.13-0.35 μM	-	10
2,3-diferrocenylquinoxaline	-	$1.3 \times 10^{-5} \text{ M}$	12
4-(2-pyridylazo)-resorcinol	0.35-7.4 $\mu\text{g/mL}$	4.49 $\mu\text{g/mL}$	13
Benzothiazolium Hemicyanine	-	100 ppb	14
benzimidazole substituted boron-dipyrromethene	-	0.77 μM	19
2-hydroxy 1-naphthaldehyde isonicotinoyl hydrazone	0.004-0.048 $\mu\text{g/mL}$	-	20

ความจำเพาะในการตรวจวัดปรอท

เมื่อนำสารละลายผสมระหว่างสารละลาย Hg^{2+} เข้มข้น 4.0×10^{-5} M และเอโซเมทีนเอซ เข้มข้น 8.0×10^{-5} M และเติมสารละลาย Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ag^+ , Ni^{2+} และ Co^{2+} เข้มข้น 2×10^{-4} M ที่ละชนิด ปรับ pH 4 ด้วยอะซิเตทบัฟเฟอร์ แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 425.5 nm ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 7 พบว่า สีเหลืองของสารละลายผสมระหว่าง Hg^{2+} กับเอโซเมทีนเอซไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเติมไอออนต่างๆ แต่ค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และพบว่าเมื่อเติมสารละลาย Fe^{2+} จะทำให้ค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นมากกว่าไอออนชนิดอื่น ดังนั้นถ้าสารละลายตัวอย่างมี Fe^{2+} ในปริมาณมากจำเป็นต้องกำจัดออกก่อนที่จะวิเคราะห์ปรอทและยังพบว่าเมื่อเติมสารละลาย Cu^{2+} ค่าการดูดกลืนแสงจะลดลง



รูปที่ 7 ผลของโลหะไอออนชนิดต่างๆ ต่อการตรวจวัดปรอท (a) สเปกตรากการดูดกลืนแสงของสารละลายผสมระหว่างสารละลาย Hg^{2+} 4.0×10^{-5} M และสารละลายเอโซเมทีนเอซเข้มข้น 8.0×10^{-5} M เมื่อเติมสารละลาย Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ag^+ , Ni^{2+} และ Co^{2+} เข้มข้น 2.0×10^{-4} M และ (b) กราฟค่าดูดกลืนแสงที่ 425.5 nm ของสารละลายที่สภาวะเดียวกัน

การตรวจสอบความถูกต้องของเทคนิคในการตรวจวัดปริมาณ Hg^{2+} ในน้ำประปา

เมื่อทำการประเมินเทคนิควิเคราะห์ปรอทในน้ำประปาโดยการเติมสารละลายมาตรฐาน Hg^{2+} ที่ 2 ความเข้มข้นคือ 8.0×10^{-5} M และ 2.0×10^{-4} M และสารละลายเอโซเมทีนเอซเข้มข้น 4.0×10^{-4} M ลงในตัวอย่างน้ำประปา และปรับ pH เท่ากับ 4 ด้วยอะซิเตทบัฟเฟอร์ แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 425.5 nm ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2 พบว่า ค่าร้อยละการคืนกลับ (%Recovery) มีค่าเท่ากับ 94% และ 103% ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้แสดงให้เห็นว่าเทคนิคนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ปรอทในน้ำได้

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ Hg^{2+} ในน้ำประปา

ตัวอย่าง	$[\text{Hg}^{2+}]$ ที่เดิม (M)	$[\text{Hg}^{2+}] \pm \text{SD}$ ที่พบ (M)	% Recovery
น้ำประปา	8.00×10^{-5}	$(7.56 \pm 0.66) \times 10^{-5}$	94
	2.00×10^{-4}	$(2.09 \pm 0.05) \times 10^{-4}$	103

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

เอโซเมทีนเอช (L) สามารถใช้เป็นตัวตรวจวัดปริมาณ Hg^{2+} ได้ดี เนื่องจากวิธีตรวจวัดไม่ซับซ้อนมีความจำเพาะเจาะจงในการตรวจวัดค่อนข้างมาก ไม่ได้รับผลกระทบจากไอออนของโลหะชนิดอื่นๆ เช่น Cu^{2+} , Mn^{2+} , Ag^+ , Ni^{2+} และ Co^{2+} ยกเว้น Fe^{2+} ซึ่งสามารถรบกวนการวิเคราะห์ได้หากมีปนเปื้อนในปริมาณมาก เอโซเมทีนเอชทำปฏิกิริยากับ Hg^{2+} ในอัตราส่วน 1 : 1 เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของปรอท (HgL) มีสีเหลืองทันทีซึ่งสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าและให้สีที่คงทน สามารถคงสีอยู่ได้นานกว่า 12 ชั่วโมง มีความไวในการวิเคราะห์และสามารถตรวจวิเคราะห์ Hg^{2+} ได้ดีในช่วง 3.0×10^{-6} - 1.0×10^{-3} M มีค่า LOD = 3.0×10^{-6} M และค่า LOQ = 5.0×10^{-6} M ใช้ตัวทำละลายเป็นน้ำทำให้ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ไม่สูงและไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากไม่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ Hg^{2+} ในตัวอย่างน้ำได้ดี

เอกสารอ้างอิง

- Mason, R. P., Reinfelder, J. R., and Morel, F. M. M. 1995. *Water Air Soil Pollut.* 80: 915.
- WHO. 2004. Guidelines for Drinking-water Quality 3rd edition. Geneva, World Health Organization. Available from URL: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/GDWQ2004web.pdf
- สำนักงานส่งเสริมและสนับสนุนอาหารปลอดภัย. กระทรวงสาธารณสุข. 2559. สารปรอทในอาหารทะเล. Available from URL: <http://www.foodsafety.moph.go.th/th/news-national-detail.php?id=393&pcid=270&pcpage=2>. 12 มกราคม 2559.
- Caballero, A., Lloveras, V., Curiel, D., Tarrage, A., Espinosa, A., Garcia, R., Vidal-Gancedo, J., Rovira, C., Wurst, K., Molina, P., and Veciana, 2007. Electroactive Thiazole Derivatives Capped with Ferrocenyl Units Showing Charge-Transfer Transition and Selective Ion-Sensing Properties: a Combined Experimental and Theoretical Study. *J. Inorg. Chem.* 46: 825-835.
- Vallant, B., Kadnar, R., and Goessler, W. 2007. Development of a New HPLC Method for the Determination of Inorganic and Methylmercury in Biological Samples with ICP-MS Detection. *J. Anal. At. Spectrom.* 22: 322-325.

6. Bennun, L., Gomez, J. 1997. Determination of Mercury by Total-Reflection X-Ray Fluorescence Using Amalgamation with Gold. *Spectrochim, Acta, Part B* 52: 1195-1200.
7. Tseng, C. M., Diego, A. D., Martin, F. M., Amouroux, D., and Donard, O. F. X. 1997. Rapid Determination of Inorganic Mercury and Methylmercury in Biological Reference Materials by Hydride Generation, Cryofocusing, Atomic Absorption Spectrometry after Open Focused Microwave-Assisted Alkaline Digestion. *J. Anal. At. Spectrom.* 12: 743-750.
8. Ferrua, N., Cerutti, S., Salonia, J., Olsina, R., and Martinez, L. 2007. On-line preconcentration and Determination of Mercury in Biological and Environmental Samples by Cold Vapor-Atomic Absorption Spectrometry. *J. Hazard. Mater.* 141: 693-699.
9. Bhalla, V., Tejpal R., and Kuma, M. 2010. Rhodamine Appended Terphenyl: a Reversible "Off-On" Fluorescent Chemosensor for Mercury Ions. *Sens, Actuators. B* 151: 180-186.
10. Wang, H.-H., Xue, L., Yu, C.-L., Qian, Y.-Y., Jiang, H. 2011. Rhodamine-based Fluorescent Sensor for Mercury in Buffer Solution and Living Cells. *Dyes Pigm.* 91: 350-355.
11. Vengaiyan, K. M., Britto, D. C., Sivaraman, G., Sekar, K., and Singaravadivel, S. 2015. Phenothiazine based Sensor for Naked-Eye Detection and Bioimaging of Hg(II) and F⁻ Ions. *RSC Adv.* 5: 94903-94908.
12. Zapata, F., Caballero, A., Molina, P. and Tarraga, A. 2010. A Ferrocene-Quinoxaline Derivative as a Highly Selective Probe for Colorimetric and Redox Sensing of Toxic Mercury(II) Cations. *Sensors.* 10: 11311-11321.
13. Hashem, E. 2002. Spectrophotometric Studies on the Simultaneous Determination of Cadmium and Mercury with 4-(2-Pyridylazo)-resorcinol. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc.* 58: 1401-1410.
14. Tatay, S., Gaviña, P., Coronado, E., and Palomares, E. 2006.38 Optical Mercury Sensing Using a Benzothiazolium Hemicyanine Dye *Org. Lett.* 8:, 3857-3860.57-3860.
15. Demir, B. S. and Serindağ, O. 2006. Determination of Boron in Grape (*Vitis vinifera*) by Azomethine H Spectrophotometric Method. *Eurasian J. Anal. Chem.* 1: 11-18.
16. Gomesa, D. M. C. Segundoa, M. A., Lima, J. L. F. C., and Rangelb, A. O. S. S. 2005. Spectrophotometric Determination of Iron and Boron in Soil Extracts using a Multi-Syringe Flow Injection System. *Talanta.* 66: 703-711.
17. Harp, D. L. 1997. Modifications to the Azomethine-H Method for Determining Boron in Water. *Analytica Chimica Acta.* 346: 373-379.
18. Takahashi, T., Yawata, S., and Hoshino, H. 2008. Determination of Boron in Water Samples at Nanograms Per Cubic Decimeter Levels by Reversed-phase Partition High-performance

- Liquid Chromatography with Precolumn Complexation Reaction using Salicylaldehyde and 1-Amino-8-naphthol-3,6-disulfonate. *Anal. Bioanal. Chem.* 391: 1101-1106.
19. Madhu, S., Sharma, D. K. Basu, S. K., Jadhav, S., Chowdhury, A., and Ravikanth, M. 2013. Sensing Hg(II) in Vitro and in Vivo Using a Benzimidazole Substituted BODIPY. *Inorg. Chem.* 2013. 52: 11136-11145.
20. Kumari, D. K., Vasudha, K., Sathyavathi, V. S., and Kumar, R. K. 2012. A Catalytic Spectrophotometric Method for the Analytical Determination of Trace Amounts of Mercury(II) Using 2-HNAINH. *International J. Basic App. Chem. Sci.* 2: 2277-2073.

ได้รับบทความวันที่ 25 เมษายน 2559

ยอมรับตีพิมพ์วันที่ 19 พฤษภาคม 2559

