

บทที่ 4

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 วิจารณ์ผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีเคมีลูมิเนสเซนซ์โฟลอินเจคชัน (CL-FI) จากการประยุกต์ใช้วัสดุที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการนำมาใช้สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณซัลไฟด์ที่มีอยู่ในน้ำธรรมชาติ โดยใช้ photomultiplier tube เป็นเครื่องตรวจจับ ในการทดลองได้ศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในระบบ CL-FI โดยในการศึกษาผลของพารามิเตอร์ในแต่ละตัวนั้นจะกำหนดพารามิเตอร์ตัวอื่นให้มีค่าคงที่ ในขณะที่ทำการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือปริมาณของพารามิเตอร์ที่ต้องการศึกษา และเกณฑ์ที่ใช้สำหรับการตัดสินสภาวะที่เหมาะสมนั้นอยู่บนพื้นฐานที่ว่า ขนาดหรือปริมาณของพารามิเตอร์ตัวนั้นจะต้องให้สัญญาณของกรวิเคราะห์สูงสุด ซึ่งได้จากการคำนวณค่าความสูงของพีคสัญญาณหารด้วยความสูงของสิ่งรบกวน (noise) เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมของพารามิเตอร์ตัวหนึ่งก็จะใช้สภาวะนี้คงที่ไว้และศึกษาพารามิเตอร์ตัวถัดไป ทำเช่นนี้ต่อไปจนครบทุกพารามิเตอร์ที่ต้องการศึกษา หลังจากนั้นจึงได้ทำการศึกษาคูณลักษณะต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ การศึกษาหาช่วงความเป็นเส้นตรง ความแม่นยำและความเที่ยงของเครื่องมือ ขีดจำกัดต่ำสุดของเครื่องมือ ไอออนรบกวน และร้อยละการกลับคืน จากนั้นนำระบบ CL-FI ที่พัฒนาขึ้นมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างเพื่อศึกษาคักยภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น

การศึกษหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับระบบ CL-FI แสดงดังตาราง 3.2 การศึกษาหาช่วงความเป็นเส้นตรงในการวิเคราะห์ จะมีช่วงความเป็นเส้นตรงในช่วง 1.0-20.0 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนการศึกษหาความแม่นยำและความเที่ยงของเครื่องมือ ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์เท่ากับ 2.38 และ 3.26 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่า 5% และเป็นค่าที่ยอมรับได้

การศึกษหาขีดจำกัดต่ำสุดของเครื่องมือในการวิเคราะห์ได้ผลวิเคราะห์ เท่ากับ 1.0 ไมโครกรัมต่อลิตร การศึกษาหาไอออนรบกวน ได้ศึกษาทั้งหมด 26 ตัว ซึ่งผลปรากฏว่าไอออนรบกวนที่สำคัญที่มีผลต่อความเข้มแสงเคมีลูมิเนสเซนซ์ เช่น SO_3^{2-} , SCN^- , As^{3+} จะมีผลรบกวนในทางบวก ส่วนไอออน I^- , Br^- , Co^{2+} , Mg^{2+} , Cr^{3+} , Hg^{2+} จะมีผลในการลดความเข้มของแสงเคมีลูมิเนสเซนซ์ ส่วน NO_3^- , Cl^- , F^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, Ca^{2+} , Na^+ , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Al^{3+} , K^+ , NH_4^+ , Cu^{2+} , Fe^{3+} และ Ni^{2+} จะไม่มีผลต่อการวัดความเข้มแสงเคมีลูมิเนสเซนซ์ของซัลไฟด์ด้วยเทคนิค CL-FI ที่ศึกษา

การศึกษาร้อยละการกลับคืนของซัลไฟด์ในน้ำเสียบริเวณศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง น้ำเสียจากหอพักและบ้านเรือนภายใน ม.แม่โจ้ และน้ำปุ๋ยอินสันทันกำแพงแบบเติมและไม่เติม 2 N zinc acetate อยู่ในช่วง 93.3-108.5 ซึ่งสาเหตุที่ร้อยละการกลับคืนมีค่าไม่ใกล้เคียงกับ 100 อาจเป็นผลมาจากการเจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายตัวพ่วงก่อนการทดลอง และเวลาที่ไม่แน่นอนในการฉีด ทำให้ซัลไฟด์ที่อยู่ในสภาวะกรดเกิดการสลายตัวเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้อย่างรวดเร็ว

จากการทดลองหาปริมาณซัลไฟด์โดยวิธีการเติมสารมาตรฐาน (standard addition) ได้ปริมาณของซัลไฟด์ในน้ำเสียบริเวณศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง น้ำเสียจากหอพักและบ้านเรือนภายใน ม.แม่โจ้ และน้ำปุ๋ยอินสันทันกำแพงแบบเติมและไม่เติม 2 N zinc acetate เท่ากับ 0.498, 3.422, 6.406 และ 6.190 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนการทดลองหาปริมาณซัลไฟด์โดยวิธีการกราฟมาตรฐาน ได้ปริมาณของซัลไฟด์ในน้ำเสียบริเวณศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง น้ำเสียจากหอพักและบ้านเรือนภายใน ม.แม่โจ้ และน้ำปุ๋ยอินสันทันกำแพงแบบเติมและไม่เติม 2 N zinc acetate เท่ากับ 0.503, 3.442, 6.235 และ 6.055 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งพบว่าวิธีเติมสารมาตรฐานและวิธีการกราฟมาตรฐานให้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกันมาก แต่การทดลองโดยการเติมสารมาตรฐานจะมีความถูกต้องแม่นยำมากกว่า เพราะเป็นค่าที่ได้จากสารละลายที่มีเมตริกซ์คล้ายกัน ส่วนวิธีการกราฟมาตรฐานอาจมีความคลาดเคลื่อนบ้างเล็กน้อยเนื่องจากได้จากการเปรียบเทียบ แต่มีผลดีสำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีปริมาณมากๆ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณซัลไฟด์ที่ได้จากน้ำปุ๋ยอินสันทันกำแพงแบบเติมและไม่เติม 2 N zinc acetate พบว่า น้ำปุ๋ยอินสันทันกำแพงชนิดที่เติมสารรักษาสภาพ (2 N zinc acetate) มีปริมาณซัลไฟด์สูงกว่าแบบไม่เติมเล็กน้อย เนื่องจากผู้ทำการทดลองได้เก็บตัวอย่างในเวลา 6 โมงเย็น และทำการทดลองในเวลา 10 โมงเช้าของวันถัดมา ทำให้ปริมาณซัลไฟด์เกิดการสูญเสียเล็กน้อย อีกทั้งผู้ทำการทดลองยังได้เก็บตัวอย่างน้ำอย่างถูกวิธีคือ กวักขวดเก็บตัวอย่างน้ำด้วยน้ำตัวอย่าง 2-3 ครั้ง เก็บตัวอย่างน้ำให้เต็มขวดโดยปิดฝาได้น้ำเพื่อป้องกันการสูญเสียซัลไฟด์ แช่ตัวอย่างในถังน้ำแข็งเพื่อรักษาอุณหภูมิที่ 4 °C จากการทดลองหาปริมาณซัลไฟด์ในน้ำตัวอย่างที่สุ่มเก็บมาทั้ง 3 จุด สามารถวิเคราะห์หาปริมาณซัลไฟด์ได้ทุกจุด เนื่องจากระบบ CL-FI มีขีดจำกัดต่ำสุดในการวิเคราะห์เท่ากับ 1.0 ไมโครกรัมต่อลิตร

4.2 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาและพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์หาปริมาณซัลไฟด์ด้วยวิธีเคมีลูมิเนสเซนซ์-ไฟลอินเจกชัน (CL-FI) พบว่าเทคนิคที่พัฒนาขึ้นนี้มีความไว ความถูกต้องและแม่นยำสูง สามารถวิเคราะห์ได้ง่ายและรวดเร็ว เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้มีราคาถูก และที่สำคัญคือ สามารถวิเคราะห์หาปริมาณซัลไฟด์ได้ตามที่ตั้งจุดมุ่งหมายไว้ก่อนทำการทดลอง นอกจากนี้ระบบ CL-FI

ยังสามารถประหยัดการใช้รีเอเจนต์ที่มีราคาแพงได้อีกด้วย เนื่องจากสามารถใช้รีเอเจนต์เป็นตัวจัดเข้าไปในระบบแทนการใช้เป็นสารตัวพา ระบบ CL-FI ที่พัฒนาขึ้นยังสามารถดัดแปลงใหม่เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์สารที่สนใจตัวอื่นๆ ได้ตามความเหมาะสมของปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น

4.3 ข้อเสนอแนะ

ในระบบ CL-FI ที่พัฒนาขึ้นสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณซัลไฟด์นั้นเป็นระบบ FIA แบบง่ายแม้ระบบที่พัฒนาขึ้นจะให้ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็ว และมีคุณลักษณะในการวิเคราะห์พื้นฐานอยู่ในเกณฑ์ที่ดี แต่ก็ยังพบปัญหาที่เกิดจากการรบกวนของไอออนต่างๆ โดยเฉพาะไอออนของโลหะหนัก ซึ่งสามารถลดการรบกวนจากไอออนเหล่านี้ได้โดยการเชื่อมต่อเข้ากับ Gas diffusion⁽²³⁾ หรือ Pervaporation⁽²⁴⁾ ซึ่งมีคุณสมบัติก็คือ ยอมให้สารที่เป็นไอเท่านั้นผ่านได้ นอกจากนี้ยังคัดแยกสารปนเปื้อนอื่นๆ ออกจากระบบได้อีกด้วย

นอกจากนี้หากต่อระบบ CL-FI ที่พัฒนาขึ้นเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์และใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลแบบ on-line จะเป็นประโยชน์ในการเฝ้าระวังปริมาณซัลไฟด์ในน้ำที่จะเข้าสู่ระบบทำความร้อนของเตาอบพลังงานความร้อนใต้พิภพ เพราะหากมีปริมาณซัลไฟด์มากเกินไปจะทำให้อุปกรณ์ภายในของระบบตัวทำความร้อนของเตาอบเกิดการกัดกร่อน อันเนื่องมาจากซัลไฟด์จะถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนกลายเป็นกรดซัลฟิวริก ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้อีกทางหนึ่ง