

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารประกอบโคออร์ดิเนชันที่มีลิแกนด์พอลิเอทอวใหญ่ ได้สังเคราะห์โดยวิธีฟลักซ์ จากการทำปฏิกิริยาระหว่างโลหะคอปเปอร์(II) หรือนิกเกิล(II) กับ 1,2-ไดอะมิโนโพรเพน ใช้ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวเชื่อมเกิดเป็นหมู่เมทิลลีนไดเอมีน (-N-CH₂-N) เนื่องจากสารประกอบเชิงซ้อนที่มีโครงสร้างลักษณะนี้ไม่มีความเสถียร จึงเติมเอมีนปฐมภูมิเข้าไปในโครงสร้างเกิดเป็นวงปิด จากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ พบว่า จุดหลอมเหลวของสารประกอบโคออร์ดิเนชันคอปเปอร์(II) ประมาณ 259 องศาเซลเซียส และสารประกอบโคออร์ดิเนชันนิกเกิล(II) ประมาณ 277 องศาเซลเซียส ในเบื้องต้นการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรด สเปกโทรสโกปี ไม่พบการสั่นพันธะของหมู่คาร์บอนิล (C=O) บริเวณเลขคลื่น ~1720 cm⁻¹ แต่จะมีพีคเกิดขึ้นใหม่บริเวณเลขคลื่น 3200-3300 cm⁻¹ เป็นการสั่นพันธะ N-H ของเอมีนชนิดทุติยภูมิ การวิเคราะห์ด้วยแมสสเปกโทรสโกปี พบว่าช่วยยืนยันมวลโมเลกุลและโครงสร้างที่ถูกต้องของสารประกอบโคออร์ดิเนชันที่สังเคราะห์ได้ การวิเคราะห์ด้วยยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี พบค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของโลหะคอปเปอร์(II) และนิกเกิล(II) เท่ากับ 516 และ 450 นาโนเมตร นอกจากนี้จากการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิด *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* เปรียบเทียบระหว่างสารประกอบโคออร์ดิเนชันคอปเปอร์(II) และนิกเกิล(II) กับยามาตรฐานเตตระซัยคลิน พบว่าสารประกอบโคออร์ดิเนชันคอปเปอร์(II) และนิกเกิล(II) ทั้งสองมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิดได้ดี แต่อย่างน้อยกว่ายามาตรฐาน

อภิปรายผล

สารประกอบโคออร์ดิเนชันที่มีลิแกนด์พอลิเอทอวใหญ่ที่สังเคราะห์ได้ทั้งสองโครงสร้างละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ไดเมทิลซัลฟอกไซด์ ไดเมทิลฟอร์มาไมด์ อะซีโตนและอะซีโตนไตรล์ อัตราส่วนโดยโมลที่ใช้ทำปฏิกิริยาระหว่างเกลือโลหะแทรนซิชัน 1,2-ไดอะมิโนโพรเพน ฟอร์มัลดีไฮด์ และแอลฟา-เมทิลเบนซิลลามีน เท่ากับ 1 : 2 : 4 : 2 โมล

จากนั้นนำสารประกอบโคออร์ดิเนชันคอปเปอร์(II) และนิกเกิล(II) ทั้งสองโครงสร้างพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี ดังนี้

การศึกษาสมบัติทางสเปกโทรสโกปีด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

เมื่อโมเลกุลของสารประกอบโคออร์ดิเนชันที่มีลิแกนด์พอลิเอทเธอร์ขนาดใหญ่ได้รับคลื่นอินฟราเรดในช่วงที่เหมาะสม จะทำให้พันธะภายในโมเลกุลเกิดการสั่นปรากฏออกมาเป็นสัญญาณความถี่เป็นแถบการดูดกลืนเกิดขึ้น โดยแกนนอนจะเป็นเลขคลื่น (cm^{-1}) และแกนตั้งเป็นเปอร์เซ็นต์การส่งผ่าน (% Transmittance) จากโครงสร้างของสารประกอบโคออร์ดิเนชันที่สังเคราะห์ได้ พบว่า สารประกอบโคออร์ดิเนชันทั้งสองโครงสร้าง ไม่ปรากฏแถบการดูดกลืนของหมู่คาร์บอนิลของฟอร์มัลดีไฮด์ เนื่องจากตำแหน่งนี้จะเกิดเป็นสารประกอบอิมิน (Mohammad and et al. 2006 : 274) แต่จะเกิดพีคการดูดกลืนใหม่ขึ้นที่สำคัญ ๆ เช่น บริเวณเลขคลื่น $440-553 \text{ cm}^{-1}$ เป็นการสั่นพันธะ M-N เนื่องจากโลหะคอปเปอร์(II) และนิกเกิล(II) เกิดการสร้างพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์กับอะตอมไนโตรเจน ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการสังเกตุได้ค่อนข้างยาก ปรากฏแถบการดูดกลืนอ่อน (Weak) เนื่องจากเป็นช่วงที่อยู่ติดกับช่วงอินฟราเรดไกล (Far Infrared) ซึ่งมีค่าพลังงานต่ำ ทำให้สังเกตุได้ยาก (วิชัย ธีวตระกูล และคณะ. 2526 : 28) ส่วนแอนไอออนเปอร์คลอเรตของสารประกอบเชิงซ้อน โครงสร้างนอกจากที่กล่าวมาปรากฏแถบการดูดกลืน 2 บริเวณ เนื่องจากไอออนเปอร์คลอเรตสามารถเกิดการสั่นได้ 2 แบบ คือ แบบหด-ยืด และแบบงอ โดยที่แบบหด-ยืดทั้งการสั่นสมมาตร และไม่สมมาตรจะใช้พลังงานมากกว่าในการสั่นแบบงอ ดังนั้นจึงเกิดที่ตำแหน่งเลขคลื่นสูงกว่า คือ $1111 - 1091$ และ $1062 - 1049 \text{ cm}^{-1}$ และ 624 cm^{-1} ตามลำดับ (Ahmad, Shahab and Sididiqi. 2011 : 764) ในทำนองเดียวกันการเกิดแถบการดูดกลืนใหม่การสั่นพันธะ N-H ของเอมีนชนิดทุติยภูมิเกิดสองบริเวณ คือ $3229 - 3206 \text{ cm}^{-1}$ แบบยืด-หด และ $1630-1625 \text{ cm}^{-1}$ แบบงอ (Masoud and Ahmad. 2006 : 160)

การศึกษามวลโมเลกุลและการแตกตัวของโครงสร้างด้วยเทคนิคแมสสเปกโทรเมตรี

การหามวลโมเลกุลของสารประกอบโคออร์ดิเนชันที่สังเคราะห์ได้ด้วยเทคนิคแมสสเปกโทรเมตรีเป็นการยืนยันข้อมูลการทำนายโครงสร้าง โดยจะเตรียมสารเป็นสารละลาย และถูกทำให้เป็นไอ และเกิดเป็นประจุ โดยใช้เครื่องลิวคิวด โครมาโทกราฟี - แมสสเปกโทรมิเตอร์ พบว่า ค่า m/z ของสารประกอบโคออร์ดิเนชันคอปเปอร์(II) และนิกเกิล(II) เท่ากับ 600.3 และ 595.3 ตามลำดับ สอดคล้องกับรูปแบบไอออนคือ $[\text{M}-2\text{ClO}_4]^{2+}$ นอกจากนี้ข้อมูลจากแมสสเปกตรานชนิด ESI ยังแสดงถึงข้อมูลการแตกตัว (Fragmentation) เป็นขั้นตอน ทำให้สามารถยืนยันโครงสร้างที่ถูกต้อง

การศึกษาสมบัติทางสเปกโทรสโกปีด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี

สเปกตรัมการดูดกลืนแสงวิสิเบิลในช่วงความยาวคลื่น 400-800 นาโนเมตรของสารประกอบโคออร์ดิเนชันที่มีลิแกนด์พอลิเอทเธอร์ขนาดใหญ่สามารถอธิบายการเกิด $d-d$ แทรนซิชันของโลหะได้ค่าการดูดกลืนสูงสุดของสารประกอบเชิงซ้อน $[\text{Cu}(\text{C}_{26}\text{H}_{42}\text{N}_6)](\text{ClO}_4)_2$ (1) และ $[\text{Ni}(\text{C}_{26}\text{H}_{42}\text{N}_6)](\text{ClO}_4)_2$ (2) ที่ความยาวคลื่น

เท่ากับ 516 และ 450 นาโนเมตร ตามลำดับ สารประกอบเชิงซ้อนทั้งหมดมีรูปร่างเรขาคณิตแบบสี่เหลี่ยมแบนราบ (Salavati-Niasari and Najafian, 2003 : 2636)

การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารประกอบโคออร์ดิเนชันที่มีลิแกนด์พอลิเอทอวใหญ่

ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ทดสอบโดยวิธี Agar Diffusion ที่ระดับความเข้มข้น 25, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อ 10 มิลลิลิตร พบว่า สารประกอบโคออร์ดิเนชันที่มีลิแกนด์พอลิเอทอวใหญ่ทั้งสองโครงสร้างให้ผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ดีอย่างน้อยกว่ามาตรฐาน โดยสารประกอบโคออร์ดิเนชันคอปเปอร์(II) จะมีประสิทธิภาพยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดีกว่าสารประกอบโคออร์ดิเนชันนิกเกิล(II) และทั้งสารประกอบโคออร์ดิเนชันคอปเปอร์(II) และนิกเกิล(II) มีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบชนิด *Escherichia coli* ได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมบวกชนิด *Staphylococcus aureus* เนื่องจากแบคทีเรียแกรมลบมีผนังเซลล์บางกว่า ทำให้การแทรกซึมผ่านผนังเซลล์ของสารประกอบเชิงซ้อนได้มากกว่าจึงทำให้สารประกอบเชิงซ้อนสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียได้ ตามทฤษฎีกลิต กล่าวหาว่า ความมีขั้วของโลหะคอปเปอร์(II) และนิกเกิล(II) จะลดลงได้เนื่องจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของออร์บิทัลลิแกนด์ และประจุบวกของไอออนโลหะคอปเปอร์(II) และนิกเกิล(II) กับหมู่ให้อิเล็กตรอน จึงทำให้เกิดอิเล็กตรอนในพันธะไพ (π -electron) เกิดการเคลื่อนย้าย (Delocalization) ภายในวงกลิต และช่วยให้การแทรกซึมของสารประกอบโคออร์ดิเนชันคอปเปอร์(II) และนิกเกิล(II) ผ่านไปยังชั้นผนังไขมันซึ่งไปขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ภายในเซลล์ของแบคทีเรีย สารประกอบเชิงซ้อนจะไปรบกวนกระบวนการหายใจของเซลล์ และขัดขวางการสังเคราะห์โปรตีนทำให้เชื้อแบคทีเรียหยุดการเติบโตและตายลงในที่สุด (Raman, Dhaveethu and Sakthivel, 2008 : 1570)

ข้อเสนอแนะ

1. ควรระมัดระวังในระหว่างที่หยดกรดเปอร์คลอริก (HClO_4) เนื่องจากกรดชนิดนี้สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิไดส์กับลิแกนด์อินทรีย์ อาจจะทำให้เกิดการระเบิด หรือกระเด็นโดนร่างกายได้
2. นำโลหะทรานซิชันชนิดอื่น ๆ เช่น โครเมียม(II) โคบอลต์(II) สังกะสี(II) และแมงกานีส(II) ใช้เป็นสารตั้งต้น เป็นต้น
3. เปลี่ยนลิแกนด์ไบเดนเตต จาก 1,2-ไดอะมิโน โพรเพน เป็นลิแกนด์ชนิดอื่น ๆ เช่น 1,3-ไดอะมิโน โพรเพน หรือ ฟีนิลลีน ไดเอมีน เป็นต้น
4. เปลี่ยนลิแกนด์เอมีนชนิดปฐมภูมิที่เป็นสายโซ่ด้านข้าง เช่น อะโรมาติกเอมีน
5. การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ควรใช้เชื้อแบคทีเรียที่หลากหลายชนิดทั้งแกรมบวกและแกรมลบ