

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

การสังเคราะห์ลิแกนด์ H₂L และการสังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อน M₂M₂L ที่มี H₂L เป็นลิแกนด์ มัลติเดนเตต (Multidentate ligand) เริ่มต้นจากการสังเคราะห์สารประกอบตั้งต้น Salicylaldehyde ทำปฏิกิริยากับ 1-(3-aminopropyl)imidazole ได้สารประกอบ 2-[(3-pyrazol-1-yl-propylamino)-methyl]-phenol จากนั้นเตรียม 2,6-bis(chloromethyl)-4-methyl phenol จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง 2,6-bis(hydroxymethyl)-4-methyl phenol และกรดเกลือเข้มข้น และเตรียม 2,2'-Dipicolamine จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง 2-(Aminomethyl)-pyridine และ 2-Pyridine carboxaldehyde จากนั้นนำสารประกอบที่เตรียมได้ทั้งสามชนิดมาทำปฏิกิริยาด้วยกันจะได้สารประกอบ 2-[(Bis-pyridin-2-ylmethyl-amino)-methyl]-6-[[2-(2-hydroxy-benzyl)-(4-imidazol-1-yl-butyl)-amino]-methyl]-4-methyl-phenol (H₂L) ซึ่งเป็นลิแกนด์ที่ต้องการแล้วทำให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี และสังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อน M₂M₂L การสังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อน M₂M₂L จะใช้สารตั้งต้นซึ่งเป็นเกลือของเหล็ก(III) และ เหล็ก(II) สำหรับสารประกอบเชิงซ้อน 1 และเหล็ก(III) และสังกะสี(II) สำหรับสารประกอบเชิงซ้อน 2 ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิที่ประมาณ 60 องศาเซลเซียส และ L = ไอออนลบของ 2-[(Bis-pyridin-2-ylmethyl-amino)-methyl]-6-[[2-(2-hydroxy-benzyl)-(4-imidazol-1-yl-butyl)-amino]-methyl]-4-methyl-phenol จากนั้นศึกษาสมบัติทางเคมีและตรวจหาลักษณะโครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อน 1 และ 2 โดยวิธีสเปกโทรสโกปี เช่น ฟลูออโรสเปกโทรสโกปีอินฟราเรด สเปกโทรมิเตอร์ (FT-IR) ในช่วงเลขคลื่น 4000 – 400 cm⁻¹ เครื่องวิเคราะห์มวลโมเลกุล ด้วยเครื่อง Liquid Chromatograph– Mass Spectrometer โดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายและทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนด้วยวิธี Electro Spray Ionization (ESI) อัลตราไวโอเลต - วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis) ช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 200 - 800 นาโนเมตรเป็นต้น พบว่าสารประกอบเชิงซ้อนทั้งสองชนิดมีสูตรโมเลกุลเป็น [Fe^{III}Fe^{II}(L)(μ-O)(H₂O)₂](ClO₄)·H₂O (1) และ [Fe^{III}Zn^{II}(L)(μ-O)(H₂O)](ClO₄) (2) ซึ่งสารประกอบเชิงซ้อนทั้งสองชนิดมีรูปทรงทางเรขาคณิตแบบทรงเหลี่ยมแปดหน้ารอบอะตอมของโลหะเหล็ก(III) และเหล็ก(II) ยกเว้นที่สังกะสี(II) ได้ศึกษาฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารประกอบเชิงซ้อนดังกล่าวเทียบกับลิแกนด์ โดยแบคทีเรียที่ใช้แบ่งเป็นชนิดแกรมบวกและแกรมลบ แบคทีเรียแกรมบวกที่ใช้คือ *S. aureus* และแบคทีเรียแกรมลบที่ใช้คือ *E. coli* โดยความเข้มข้นของสารที่ทำทดสอบมี 3 ความเข้มข้นคือ 25 มิลลิกรัมต่อ 10 มิลลิลิตร, 50 มิลลิกรัมต่อ 10 มิลลิลิตร และ 100 มิลลิกรัมต่อ 10 มิลลิลิตร ซึ่งใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย จากนั้นนำจานเพาะเชื้อดังกล่าวไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการเก็บข้อมูลการยับยั้งดังกล่าวโดยการวัดขนาดของวงใสซึ่งเป็นบริเวณที่แบคทีเรียไม่

มีการเจริญเติบโตและผลการศึกษากฎการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแสดงให้เห็นว่าสารประกอบเชิงซ้อนมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิดที่ศึกษาดีกว่าลิแกนด์อิสระที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน

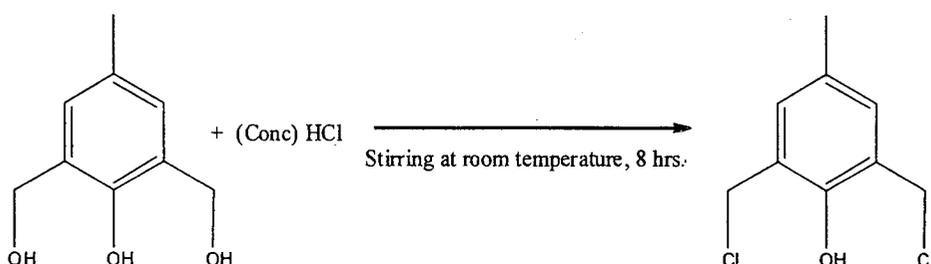
อภิปรายผล

สังเคราะห์ลิแกนด์ H_2L และสารประกอบเชิงซ้อน M_1M_2L เมื่อ M_1 คือ Fe(III) และ M_2 คือ Fe(II) และ Zn(II) ศึกษาสมบัติทางเคมีและตรวจหาโครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนที่สังเคราะห์ได้โดยวิธี สเปกโทรสโกปี เช่น IR, UV-vis และ Mass spectrometry เป็นต้น ให้ผลการทดลองทางเคมีในแต่ละเทคนิคสรุปได้ดังนี้

การศึกษาสมบัติทางสเปกโทรสโกปีด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

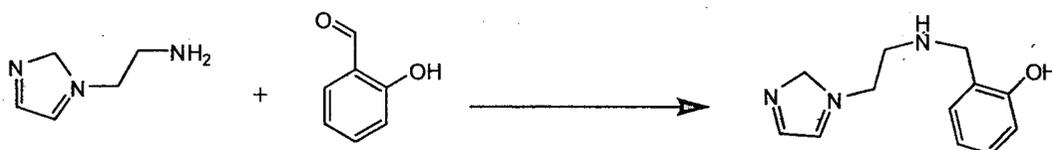
เมื่อ โมเลกุลของ M_1M_2L ที่มี H_2L เป็นลิแกนด์มีลิตินเดนเตต ๒ ได้รับคลื่นอินฟราเรดในช่วงที่เหมาะสม จะทำให้พันธะภายใน โมเลกุลเกิดการสั่นปรากฏออกมาเป็นสัญญาณความถี่เป็นแถบการดูดกลืนเกิดขึ้น โดยแกนนอนจะเป็นเลขคลื่น (cm^{-1}) และแกนตั้งเป็นเปอร์เซ็นต์การส่องผ่าน (% Transmittance) จากโครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนที่สังเคราะห์ สรุปแถบการดูดกลืนให้ผลดังนี้

การศึกษาสมบัติทางสเปกโทรสโกปีด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีของสารประกอบ 2,6-bis(chloromethyl)-4-methyl phenol



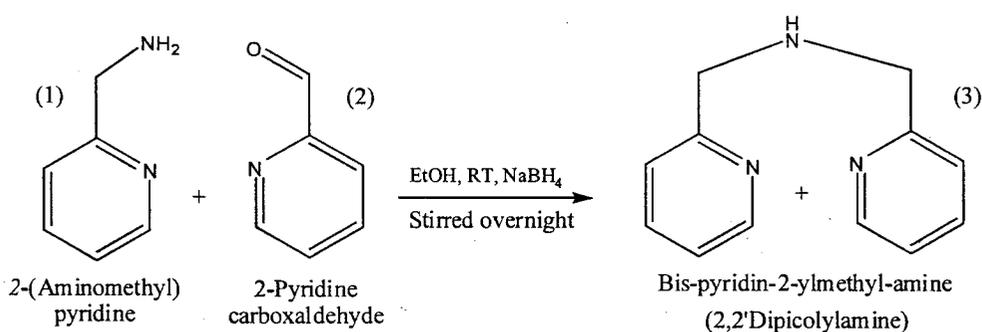
จากข้อมูลสเปกตรัมอินฟราเรดของสารประกอบ 2,6-bis(chloromethyl)-4-methyl phenol แสดงให้เห็นถึงลักษณะของสเปกตรัมที่ปรากฏสัญญาณของหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบดังกล่าวมีลักษณะใกล้เคียงกับสารตั้งต้น 2,6-bis(hydroxymethyl)-p-cresol ที่ใช้

การศึกษาสมบัติทางสเปกโทรสโกปีด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีของสารประกอบ 2-[(3-pyrazol-1-yl-propylamino)-methyl]-phenol



ข้อมูลสเปกตรัมอินฟราเรดของสารประกอบ 2-[(3-pyrazol-1-yl-propylamino)-methyl]-phenol แสดงให้เห็นสัญญาณของเอมีนชนิดทุติยภูมิที่ปรากฏขึ้นเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยา condensation ระหว่าง 1-(3-aminopropyl)imidazole กับ salicylaldehyde ในตัวทำละลายเอทานอล ทำให้เกิดเป็นสารประกอบอิมีนขึ้น หลังจากนั้นมีการเติม NaBH_4 ลงไปเพื่อไปทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์หรือการเพิ่มไฮโดรเจนให้กับโมเลกุล ซึ่งเดิมสเปกตรัมของสารตั้งต้น 1-(3-aminopropyl)imidazole จะปรากฏสัญญาณของเอมีนชนิดปฐมภูมิที่มีจำนวนสัญญาณการยืดหดของ N-H 2 พีก แต่ในสเปกตรัมของสารประกอบที่สังเคราะห์จะปรากฏสัญญาณของ N-H เพียง 1 พีกเท่านั้น โดยลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงลักษณะของโครงสร้างที่มีเอมีนชนิดทุติยภูมิอยู่ด้วย

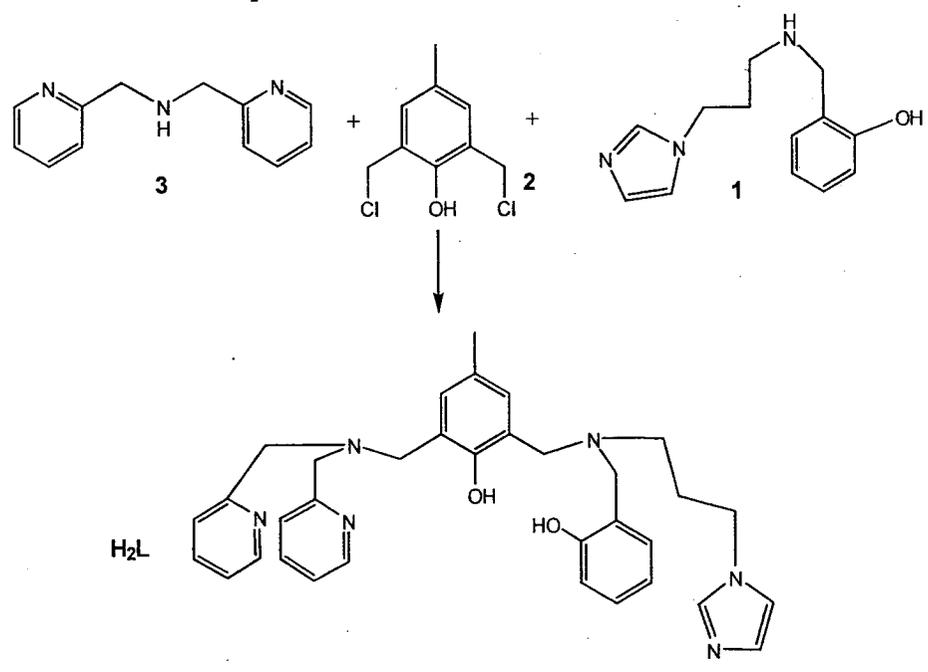
การศึกษาสมบัติทางสเปกโทรสโกปีด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีของสารประกอบ 2,2'-Dipicolamine



ข้อมูลอินฟราเรดสเปกตรัมของสารประกอบ 2,2'-Dipicolamine จากการทำปฏิกิริยาของ 2-(aminomethyl)pyridine กับ 2-pyridine carboxaldehyde ข้อมูลสเปกตรัมของ FT-IR ไม่ปรากฏสัญญาณของ C=O ในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการเตรียมสารประกอบดังกล่าวทำการเตรียมปฏิกิริยา Condensation ทำให้เกิดเป็นสารประกอบอิมีนขึ้น หลังจากนั้นมีการเติม NaBH_4 ลงไปเพื่อไปทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์หรือการเพิ่มไฮโดรเจนให้กับโมเลกุลที่เกิดการทำปฏิกิริยากันระหว่าง C=O

ของอัลดีไฮด์กับเอมีนชนิดทุติยภูมิ ส่วนลักษณะแถบการดูดกลืนอื่นๆของสารประกอบดังกล่าวมีลักษณะใกล้เคียงกับสารตั้งต้นที่ใช้ในการเตรียม

การศึกษาสมบัติทางสเปกโทรสโกปีด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีของ 2-[(Bis-pyridin-2-ylmethyl-amino)-methyl]-6-[[2-hydroxy-benzyl)-(4-imidazol-1-yl-butyl)-amino]-methyl]-4-methyl-phenol (H₂L)

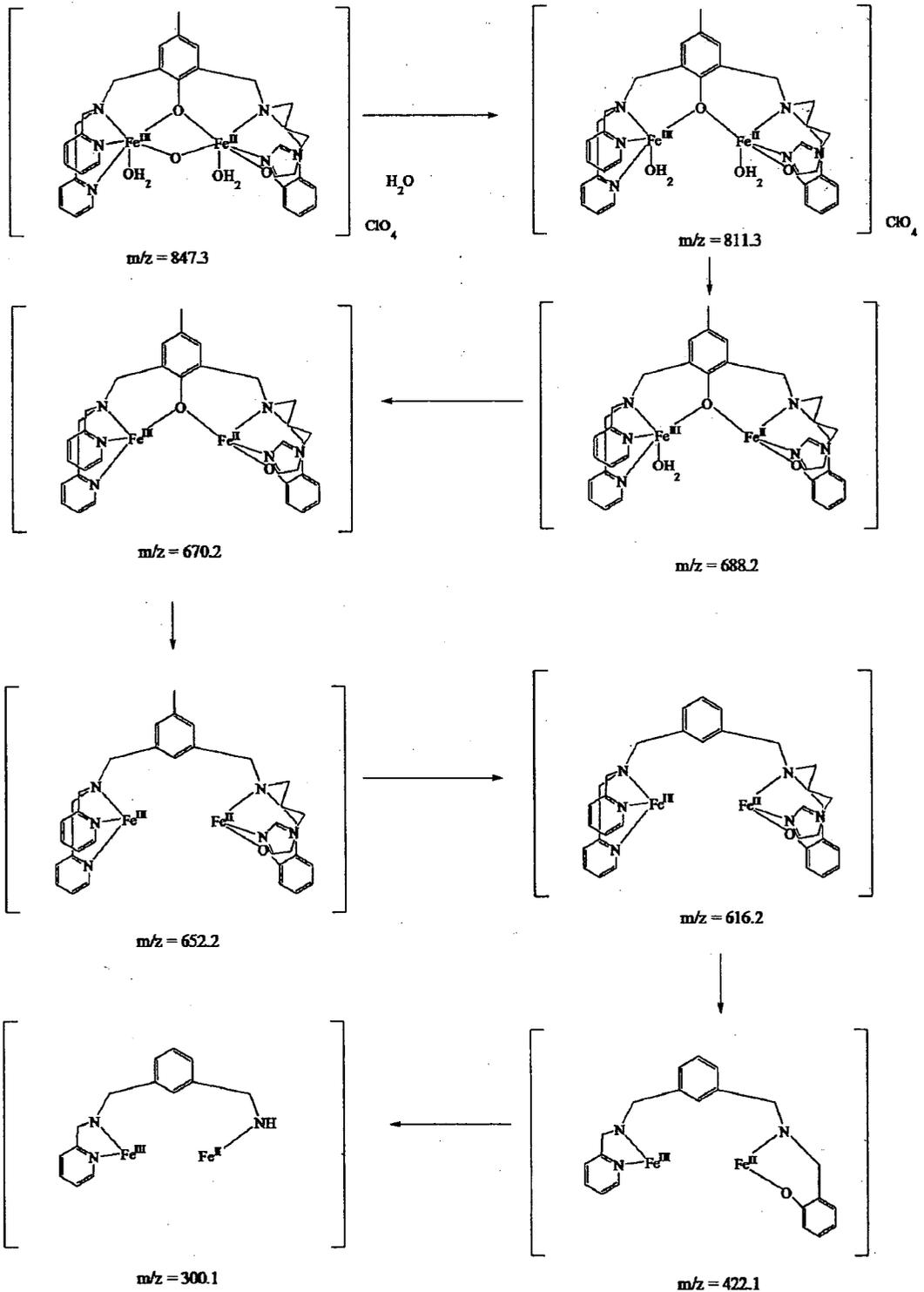


ข้อมูลอินฟราเรดของ 2-[(Bis-pyridin-2-ylmethyl-amino)-methyl]-6-[[2-hydroxy-benzyl)-(4-imidazol-1-yl-butyl)-amino]-methyl]-4-methyl-phenol ปรากฏสัญญาณที่สำคัญดังนี้ 3017 cm⁻¹ เป็นแถบการดูดกลืนแสงของหมู่ฟังก์ชัน CH-sp² ที่ 1597 cm⁻¹ เป็นแถบการดูดกลืนแสงของหมู่ฟังก์ชัน C=C ที่ 1459 cm⁻¹ เป็นแถบการดูดกลืนแสงของหมู่ฟังก์ชัน(OH) in - of - plane ที่ 1101, 1041 cm⁻¹ เป็นแถบการดูดกลืนแสงของหมู่ฟังก์ชัน (C-O) ที่ 1249 cm⁻¹ เป็นแถบการดูดกลืนแสงของหมู่ฟังก์ชัน(CH₂) ที่ 866 cm⁻¹ เป็นแถบการดูดกลืนแสงของหมู่ฟังก์ชัน =CH และ 757 cm⁻¹ เป็นแถบการดูดกลืนแสงของหมู่ฟังก์ชัน (C-H) out - of - plane ซึ่งข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างลิแกนด์มีลักษณะที่คาดเป็นดังสมการข้างต้น

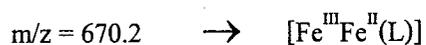
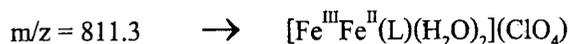
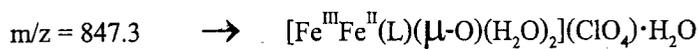
การศึกษาสมบัติด้วยเทคนิค Mass spectrometry

จากการศึกษามวลโมเลกุลของสารประกอบเชิงซ้อน[Fe^{III}Fe^{II}(L)(μ-O)(H₂O)₂](ClO₄)₂·H₂O (1) ด้วยเทคนิค Liquid Chromatograph – Mass Spectrometer โดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายและ

ทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนด้วยวิธี Electro Spray Ionization (ESI) สามารถเขียนกลไกการแตกตัวของสารประกอบเชิงซ้อนดังกล่าวได้ ดังนี้

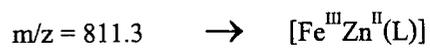
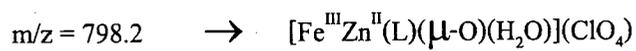
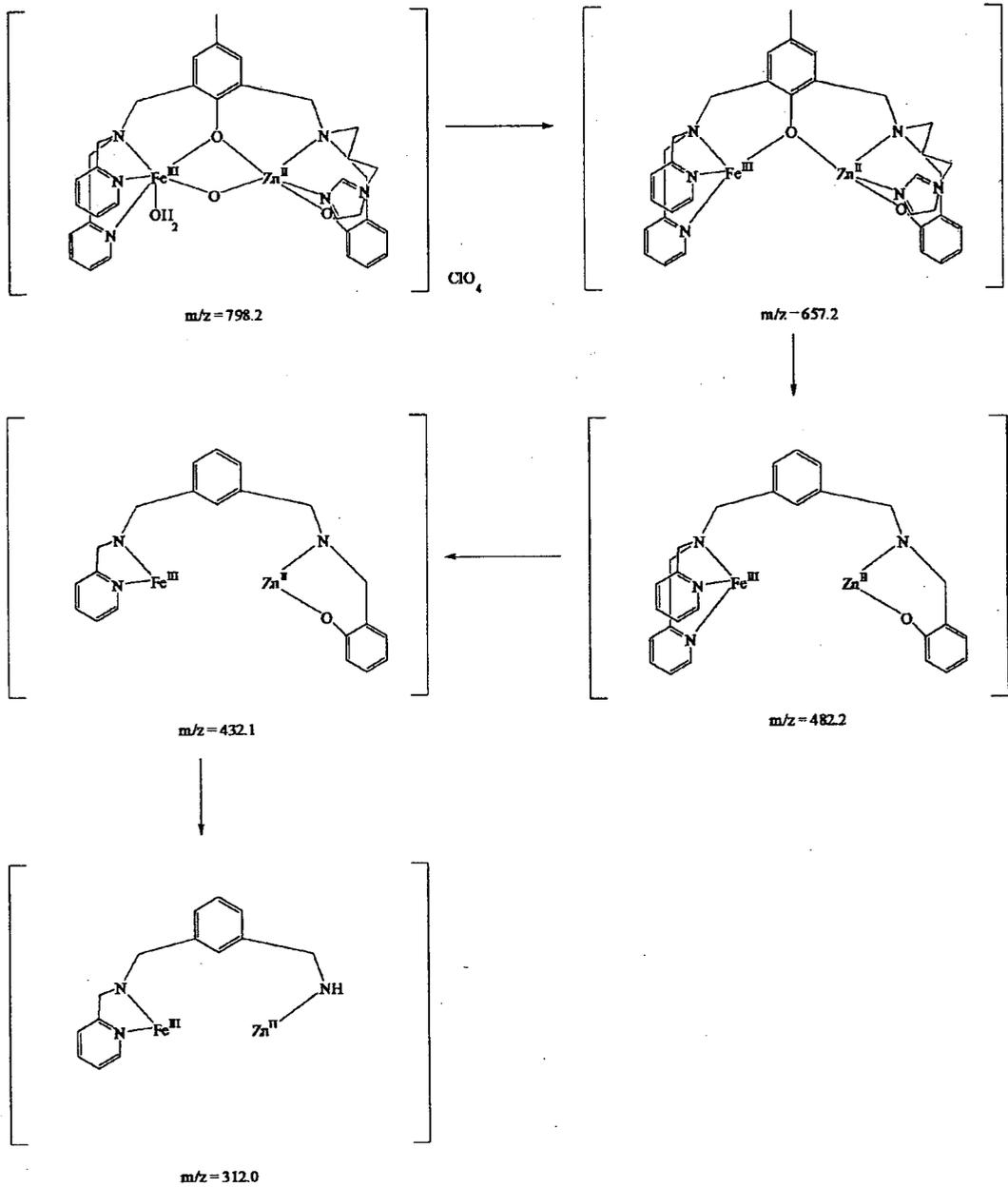


จากภาพแสดงการแตกตัวของสารประกอบเชิงซ้อน 1 พบสัญญาณการแตกตัวสามครั้ง เขียนเป็นสมการได้ดังนี้



ส่วนการแตกตัวที่เหลือเป็นการแตกตัวในบางหมู่ฟังก์ชันของมัลติเดนเตตลิแกนด์ (H_2L) ดังแสดงในแผนภาพ

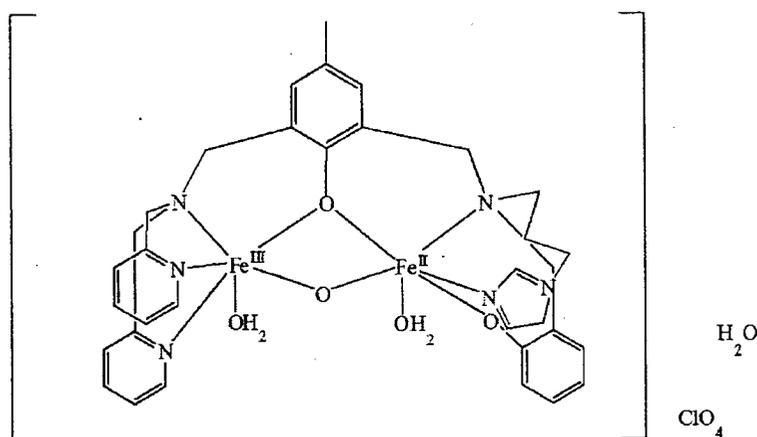
การศึกษามวลโมเลกุลของสารประกอบเชิงซ้อน $[\text{Fe}^{\text{III}}\text{Zn}^{\text{II}}(\text{L})(\mu\text{-O})(\text{H}_2\text{O})](\text{ClO}_4) (2)$ ด้วยเทคนิค Liquid Chromatograph – Mass Spectrometer โดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายและทำให้เกิดการแตกตัวเป็น ไอออนด้วยวิธี Electro Spray Ionization (ESI) สามารถเขียนกลไกการแตกตัวของสารประกอบเชิงซ้อนดังกล่าวได้ดังนี้



ส่วนการแตกตัวที่เหลือเป็นการแตกตัวในบางหมู่ฟังก์ชันของมัลติเดนเตทลิแกนด์ (H_2L)
 ดังแสดงในแผนภาพ

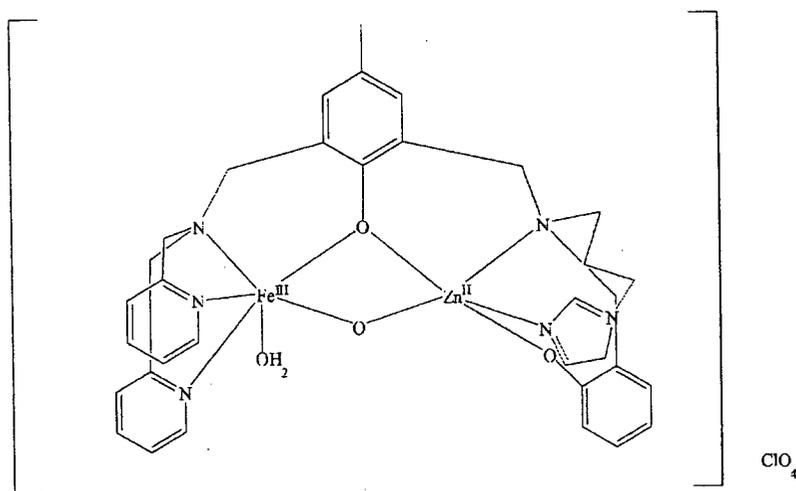
การศึกษาสมบัติทางสเปกโทรสโกปีด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี

สเปกตรัมการดูดกลืนคลื่นแสงวิสิเบิลในช่วงความยาวคลื่น 400-800 นาโนเมตรของสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กและสังกะสีกับลิแกนด์มัลติเดนเตตทั้งสองชนิด ในตัวทำละลายเมทานอล ปรากฏสัญญาณค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 262 นาโนเมตรในสารประกอบเชิงซ้อน 1 และที่ 255 นาโนเมตรในสารประกอบเชิงซ้อน 2 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะการเกิดแทรนซิชันแบบ $n \rightarrow \pi^*$ และสัญญาณค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 218 นาโนเมตรในสารประกอบเชิงซ้อน 1 และ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะการเกิดแทรนซิชันแบบ $\pi \rightarrow \pi^*$ ของวงเบนซีนในโมเลกุลของลิแกนด์ H_2L โดยสเปกตรัมของสารประกอบเชิงซ้อนมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน (Athanasios K. 2007 : 5132-5139)



จากข้อมูลทางสเปกโทรสโกปีและข้อมูลการวิเคราะห์หามวลโมเลกุล พบว่า โครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อน 1 มีสูตรโมเลกุล คือ $C_{34}H_{43}N_6O_9Fe_2Cl$ มีสูตรทางเคมี คือ $[Fe^{III}Fe^{II}(L)(\mu-O)(H_2O)_2](ClO_4) \cdot H_2O$ โครงสร้างโมเลกุลมีลักษณะดังภาพ โดยในโคออร์ดิเนชันสเฟียร์ H_2L ทำหน้าที่เป็นลิแกนด์ชนิดมัลติเดนเตตลิแกนด์ อะตอมของ $Fe(III)$ และ $Fe(II)$ มีการสร้างพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์กับลิแกนด์ H_2L คือ อะตอมของ $Fe(III)$ สร้างพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์กับไนโตรเจน 3 อะตอมซึ่งมาจากไนโตรเจนของวงไพริดีน 2 วง ไนโตรเจนอีก 2 อะตอมจากเอมีนตติยะภูมิ และโคออร์ดิเนตกับออกซิเจน 3 อะตอม ซึ่งสองอะตอมมาจากน้ำ 1 โมเลกุล หนึ่งอะตอมของออกซิเจนจากออกซิเจนที่ทำหน้าที่เป็นลิแกนด์สะพาน และ 1 อะตอมออกซิเจนของลิแกนด์ จาก 2-[(Bis-pyridin-2-ylmethyl-amino)-methyl]-6-[(2-hydroxy-benzyl)-(4-imidazol-1-yl-butyl)-amino]-methyl-4-methyl-phenol ส่วนอะตอมของ $Fe(II)$ สร้างพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์กับไนโตรเจน 2 อะตอมซึ่งมาจากไนโตรเจนของวงอิมิดาโซล 1 วง ไนโตรเจนอีก 1 อะตอม

จากเอมีนตติยะภูมิ และโคออร์ดิเนตกับออกซิเจน 4 อะตอม โดย 1 อะตอมของออกซิเจนมาจาก หมู่ไฮดรอกซิลของลิแกนด์ H_2L และ 1 อะตอมของออกซิเจนมาจากน้ำ 1 โมเลกุล หนึ่งอะตอมของ ออกซิเจนจากออกซิเจนที่ทำหน้าที่เป็นลิแกนด์สะพาน และ 1 อะตอมออกซิเจนของลิแกนด์ จาก 2- [(Bis-pyridin-2 -ylmethyl-amino)-methyl]-6 -{[(2 -hydroxy-benzyl)-(4 -imidazol-1 -yl-butyl)- amino]-methyl}-4-methyl-phenol โดยอะตอมของ Fe(III) และ Fe(II) แต่ละอะตอมมีเลขโคออร์ ดิเนชันเท่ากับ 6 รูปทรงทางเรขาคณิตโดยรอบของ Fe(III) และ Fe(II) เป็นออกตะฮีดรอลบิเดเบี้ยว ส่วนนอกโคออร์ดิเนชันสเฟียร์ประกอบด้วยโมเลกุลของเปอร์คลอเรต 1 โมเลกุลทำหน้าที่เป็นเคาร์ เตอร์ไอออนและมีน้ำอยู่นอกโคออร์ดิเนชันสเฟียร์อยู่ทั้งหมด 1 โมเลกุล



จากข้อมูลทางสเปกโทรสโกปีและข้อมูลการวิเคราะห์หามวลโมเลกุล พบว่า โครงสร้าง ของสารประกอบเชิงซ้อน 2 มีสูตรโมเลกุล คือ $C_{34}H_{36}N_6O_8FeZnCl$ มีสูตรทางเคมี คือ $[Fe^{III}Zn^{II}(L)(\mu-O)(H_2O)](ClO_4)$ โครงสร้างโมเลกุลมีลักษณะดังภาพ ในโคออร์ดิเนชันสเฟียร์ H_2L ทำหน้าที่เป็นลิแกนด์ชนิดมัลติเดนเตตเชื่อมโยง Fe(II) และ Zn(II) เข้าด้วยกัน อะตอมของ Fe(III) และ Zn(II) มีการสร้างพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์กับลิแกนด์ H_2L คือ อะตอมของ Fe(III) สร้าง พันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์กับไนโตรเจน 3 อะตอมซึ่งมาจากไนโตรเจนของวงไพริดีน 2 วง ไนโตรเจนอีก 2 อะตอมจากเอมีนตติยะภูมิ และโคออร์ดิเนตกับออกซิเจน 3 อะตอม ซึ่งสอง อะตอมมาจากน้ำ 1 โมเลกุล หนึ่งอะตอมของออกซิเจนจากออกซิเจนที่ทำหน้าที่เป็นลิแกนด์สะพาน และ 1 อะตอมออกซิเจนของลิแกนด์ จาก 2-[(Bis-pyridin-2-ylmethyl-amino)-methyl]-6-[(2-hydroxy-benzyl)-(4-imidazol-1-yl-butyl)-amino]-methyl-4-methyl-phenol ส่วนอะตอมของ Zn(II) สร้างพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์กับไนโตรเจน 2 อะตอมซึ่งมาจากไนโตรเจนของวงอิมิดาโซล 1 วง ไนโตรเจนอีก 1 อะตอมจากเอมีนตติยะภูมิ และโคออร์ดิเนตกับออกซิเจน 3 อะตอม

โดย 1 อะตอมของออกซิเจนมาจากหมู่ไฮดรอกซิลของลิแกนด์ H_2L อีกหนึ่งอะตอมของออกซิเจนจากออกซิเจนที่ทำหน้าที่เป็นลิแกนด์สะพาน และ 1 อะตอมออกซิเจนของลิแกนด์ จาก 2-[(Bis-pyridin-2-ylmethyl-amino)-methyl]-6-[[[(2-hydroxy-benzyl)-(4-imidazol-1-yl-butyl)-amino]-methyl]-4-methyl-phenol โดยอะตอมของ Fe(III) มีเลขโคออร์ดิเนชันเท่ากับ 6 รูปทรงทางเรขาคณิตโดยรอบของ Fe(III) เป็นออกตะฮีดรอลบิคเบี้ยว ส่วน Zn(II) มีเลขโคออร์ดิเนชันเท่ากับ 5 รูปทรงทางเรขาคณิตโดยรอบของ Zn(II) จะเป็นพีระมิดฐานสี่เหลี่ยม ส่วนนอกโคออร์ดิเนชันสเฟียร์ประกอบด้วยโมเลกุลของเปอร์คลอเรต 1 โมเลกุลทำหน้าที่เป็นเคอร์เตอร์ไอออน

การศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งการเติบโตของแบคทีเรีย *E. coli* และ *S. aureus*

จากการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิดแกรมลบ ได้แก่ *E. coli* และชนิดแกรมบวก ได้แก่ *S. aureus* ที่ระดับความเข้มข้นของสารประกอบเชิงซ้อนที่ 25 mg/10 mL, 50 mg/10 mL และ 100 mg/10 mL ปริมาณของสารตัวอย่าง 20 ไมโครลิตร พบว่าจากการวัดขนาดของวงใสซึ่งเป็นบริเวณที่มีการยับยั้งการเติบโตของแบคทีเรียที่ความเข้มข้นดังกล่าวสารตั้งต้นและสารประกอบเชิงซ้อนทั้งหมดมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียทั้งชนิดแกรมบวกและแกรมลบ โดยเมื่อเรียงลำดับประสิทธิภาพเป็นดังนี้ 2,6-bis(chloromethyl)-4-methyl phenol < 2,2'-Dipicolamine < 2-[(3-pyrazol-1-yl-propylamino)-methyl]-phenol < H_2L < สารประกอบเชิงซ้อน 1 \approx สารประกอบเชิงซ้อน 2 ในแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด และความเข้มข้นของสารประกอบเชิงซ้อนยิ่งมากขึ้น การยับยั้งการเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก็จะสูงขึ้นเช่นกัน ดังนั้นปริมาณของสารประกอบเชิงซ้อนจะแปรผันตรงกับขนาดโซนใสในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียดังกล่าว และเมื่อศึกษาฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียเทียบกับลิแกนด์อิสระพบว่าสารประกอบเชิงซ้อนมีฤทธิ์ในการยับยั้งที่ดีกว่าเมื่อใช้ที่ความเข้มข้นเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุม ในกรณีนี้ใช้ตัวทำละลายและตัวควบคุมเป็นเมทานอล พบว่าตัวทำละลายไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย โดยจากงานวิจัยหลายๆงานวิจัยพบว่าสาเหตุที่สารประกอบเชิงซ้อนมีฤทธิ์ในการยับยั้งดีกว่าลิแกนด์อื่นเนื่องมาจากผลของการเกิดคีเลตของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างอะตอมของโลหะแทรนซิชันกับลิแกนด์ที่ทำให้ความมีขั้วของอะตอมโลหะแทรนซิชันลดน้อยลง เนื่องจากประจุบวกบางส่วนถูกใช้ร่วมกับหมู่ให้อิเล็กตรอนของลิแกนด์เพื่อสร้างพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์และอิเล็กตรอนบางส่วนเกิดการเคลื่อนย้ายภายในวงทำให้อะตอมของโลหะแทรนซิชันที่อยู่ตรงกลางเกิดความไม่มีขั้วเพิ่มขึ้น จึงช่วยให้เกิดการแทรกซึมเข้าไปยังชั้นไขมันของผนังเซลล์แบคทีเรียได้ ส่งผลให้แบคทีเรียไม่สามารถนำสารอาหารที่อยู่ภายในตัวไปใช้ประโยชน์ได้ ทำให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียหยุดชะงัก (Ashu C. 2002 : 203) และตายในที่สุด ซึ่งเมื่อศึกษาจากผนังเซลล์แบคทีเรียทั้งสองชนิด

พบว่า ผนังเซลล์ของ *E. coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบมีขนาดของผนังเซลล์เท่ากับ 10 นาโนเมตร ส่วนผนังเซลล์ของ *S. aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวกมีขนาดผนังเซลล์เท่ากับ 20-80 นาโนเมตร ซึ่งจากเหตุผลดังกล่าวทำให้ผลจากการทดลองฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรีย พบว่าสารประกอบเชิงซ้อน ทั้ง 2 ชนิด มีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียชนิดแกรมลบดีกว่าแบคทีเรียชนิดแกรมบวก เนื่องจากขนาดของความหนาของผนังเซลล์แบคทีเรียแกรมลบน้อยกว่าขนาดความหนาของแบคทีเรียชนิดแกรมบวกจึงทำให้การแทรกซึมของสารประกอบเชิงซ้อนเข้าไปยังชั้นไขมันของผนังเซลล์แบคทีเรียมีการแทรกซึมได้ดีกว่า

ข้อเสนอแนะ

1. ควรระมัดระวังในระหว่างที่โซเดียมเปอร์คลอริก (NaClO_2) เนื่องจากสารชนิดนี้สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิไดส์กับลิแกนด์อินทรีย์ อาจจะทำให้เกิดการระเบิด หรือกระเด็นโดนร่างกายได้
2. นำโลหะแทนซีชนิดอื่น ๆ เช่น ทองแดง(II) โคบอลต์(II) ใช้เป็นสารตั้งต้น เป็นต้น
3. ในกรณีที่สารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กและสังกะสีกับลิแกนด์มัลติเดนเดตที่สังเคราะห์ได้ไม่สามารถตกผลึกในตัวทำละลายที่เหมาะสมใหม่ การพิสูจน์เอกลักษณ์โครงสร้างเพื่อยืนยันข้อมูลให้ถูกต้อง ควรนำสารดังกล่าวไปวิเคราะห์เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และออกซิเจน