

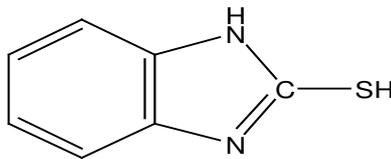
1. บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการสังเคราะห์และศึกษาโครงสร้างสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง 2-เมอร์แคปโตเบนซิมิดาโซล (2-mercaptobenzimidazole) เขียนย่อว่า bimztH₂ หรือ MBI กับเกลือของคอปเปอร์(I) ซึ่งมีแอนไอออนเป็นคลอไรด์ โบรไมด์ และไอโอดิด์

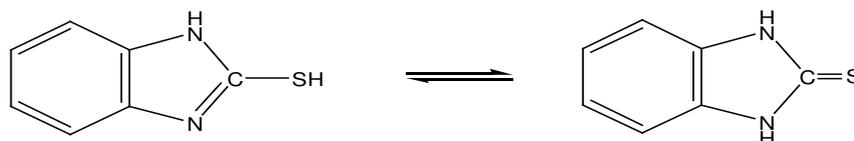
bimztH₂ เป็นสารที่รู้จักกันมานานและใช้ประโยชน์ในหลายทาง เช่น ในอุตสาหกรรมยาง ได้มีการศึกษาถึงหน้าที่ของ bimztH₂ ซึ่งใช้เป็นสารแอนติออกซิแดนซ์ในการป้องกันยางเสื่อม (Moldovan *et al.*, 2002), ใช้ในการดูดซับโลหะปรอทในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมในรูปของ bimztH₂-clay (Manohar *et al.*, 2001), ใช้เคลือบผิวของอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ทางไฟฟ้าเคมี (Berchmans *et al.*, 2002) นอกจากนี้ยังมีการใช้ bimztH₂ เป็นสารมัธยันตร์ (intermediate) ในการผลิตยาแลนโซพราโซลซึ่งเป็นยารักษาแผลอักเสบของกระเพาะอาหาร โดยออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของโปรตอนปั๊มที่อยู่ในชั้นเยื่อเมือกของกระเพาะอาหาร (พิสิฐ, 2547)

bimztH₂ เตรียมได้จากปฏิกิริยาเริ่มต้นระหว่าง o-phenylenediamine กับ potassium ethyl xanthate ในตัวทำละลายผสมของเอทานอลกับน้ำ จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับกรดแอสซิดิกและน้ำ ที่อุณหภูมิ 60 - 70 °C และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิค้างจะได้ผลึกสีขาว หลอมเหลวที่อุณหภูมิ 300 - 304 °C (Vanallan and Deacon, 1971) ลิแกนด์ bimztH₂ มีโครงสร้างดังนี้ (รูปที่ 1.1)



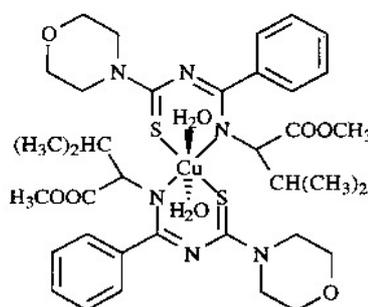
รูปที่ 1.1 โครงสร้างของ 2-เมอร์แคปโตเบนซิมิดาโซล (bimztH₂)

จากโครงสร้างจะเห็นว่า bimztH₂ มีหมู่ thioamide ซึ่งมีทั้งอะตอมไนโตรเจนและอะตอมซัลเฟอร์ที่สามารถเกิดพันธะกับโลหะได้ จึงมีความน่าสนใจในการสังเคราะห์และศึกษาโครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนของลิแกนด์ดังกล่าว และก่อนจะทำปฏิกิริยากับสารใด bimztH₂ อาจจะอยู่ในรูป thione หรือ thiol ซึ่งกรณีที่อยู่ในรูปสารละลายอาจจะเกิด tautomerism คือเกิดสภาวะสมดุลของ thione และ thiol (Rout and Sowrirajan, 1984) ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 แสดงสภาวะสมดุลของ thione และ thiol

มีลิแกนด์เป็นจำนวนมากซึ่งในโมเลกุลมีหมู่ thioamide บางชนิดใช้อะตอมซัลเฟอร์เพียงตำแหน่งเดียวในการโคออร์ดิเนต เช่น $[\text{Cu}_4(\text{ptu})_6\text{I}_4]$ (Tanchatchawal, 2004), $[\text{Cu}(\text{tu})_3]\text{Br}$ (Bombicz, 2004) และ $[\text{Ag}(\text{ettu})_3\text{Cl}]$ (Saithong, 2003) แต่บางชนิดใช้ทั้งอะตอมซัลเฟอร์และไนโตรเจนในการโคออร์ดิเนต เช่น ลิแกนด์ 3-methyl-2'-[[morpholine-4-carbothioylimino]phenylmethyl]amino}-butyric acid methyl ester (Hmtv) สามารถเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน $\text{Cu}(\text{mtv})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ซึ่งมีฤทธิ์ต้านเชื้อรา *Colletotrichum fragariae*, *Phoma betae* และ *Rhizoctonia solani* ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคพืช โครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 1.3 (Feranadez *et al.*, 2005)



รูปที่ 1.3 โครงสร้างของ $\text{Cu}(\text{mtv})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

การวิจัยครั้งนี้ได้เลือกสังเคราะห์และศึกษาโครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนของลิแกนด์ bimztH_2 กับคอปเปอร์(I) เนื่องจากลิแกนด์ bimztH_2 จัดเป็น soft base* สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับคอปเปอร์(I) ซึ่งเป็น soft acid* ได้ดี

คอปเปอร์ (Cu) หรือ ทองแดง เป็นธาตุแรกของหมู่ 1B จัดเป็นโลหะทรานซิชันและเป็นธาตุทรานซิชันแถวที่หนึ่ง สำหรับสมบัติทางกายภาพและเคมี แสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 1.1

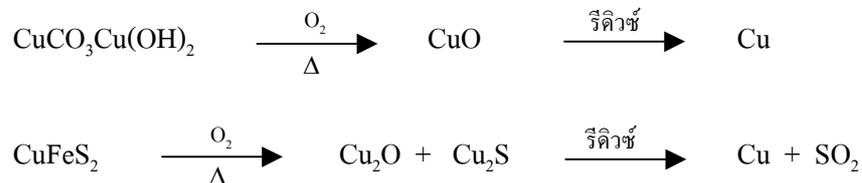
* soft acid คือ ไอออนของโลหะทรานซิชันที่มีเลขออกซิเดชันต่ำ เช่น Cu^+ , Ag^+ , Hg^+ , Pd^{2+} และ Pt^{2+}
soft base คือ ลิแกนด์ที่ชอบจะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอออนในโลหะพวก soft acid

ตารางที่ 1.1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของคอปเปอร์

สมบัติทางกายภาพและเคมี	ข้อมูล
เลขอะตอม	29
ไอโซโทปที่เสถียร	⁶³ Cu, ⁶⁵ Cu
น้ำหนักอะตอม (g)	63.546
ความหนาแน่น (g/cm ³)	8.94
จุดหลอมเหลว (°C)	1083
จุดเดือด (°C)	2582
เลขออกซิเดชัน	+1, +2 และ +3
โครงสร้างของผลึก	face-centered-cubic
Ionizations Energy(1) (kJ/mol)	745
Ionizations Energy(2) (kJ/mol)	1958
Ionic Radii (Å)	0.96
Metallic Radii	1.28

คอปเปอร์เป็นส่วนประกอบของแร่ในธรรมชาติ มีมากกว่า 150 ชนิด สินแร่ที่สำคัญ เช่น chalcopyrite (CuFeS₂), bornite (Cu₅FeS₄), malachite (Cu₂CO₃(OH)₂), cuprite (Cu₂O) และ chalcocite (Cu₂S) (เบ็ญจวรรณ และคณะ, 2542)

การแยกคอปเปอร์ออกจากแร่ทำได้โดยการนำแร่ซัลไฟด์มาให้ความร้อนและรีดิวซ์ จะได้โลหะคอปเปอร์ ดังนี้



โดยปกติคอปเปอร์ที่ได้ยังไม่บริสุทธิ์เนื่องจากมีเหล็ก เงิน ทอง แพลตตินัม และสังกะสีเจือปนอยู่ ซึ่งสามารถทำให้บริสุทธิ์โดยวิธีอิเล็กโทรลิซิส โดยให้แท่งทองแดงที่ไม่บริสุทธิ์ทำหน้าที่เป็นแอโนด ซึ่งค่อย ๆ ละลายออกมาเป็นไอออน Cu²⁺ ในสารละลาย และไปปรับอิเล็กตรอนกลายเป็นทองแดงบริสุทธิ์ที่แคโทด

มีการนำโลหะคอปเปอร์หรือทองแดงมาใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย ได้แก่ ทำผลิตภัณฑ์ไฟฟ้า เช่น ทำลวดนำไฟฟ้า มอเตอร์ ไดนาโม หรือ ใช้ในอุตสาหกรรม เช่น ข้อต่อ ระบบปรับอากาศ ระบบให้ความร้อน และการชุบโลหะ

คอปเปอร์เป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทั้งพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ ในสัตว์ชั้นสูงพบมากในเนื้อเยื่อ ตับ สมอง ไต และกล้ามเนื้อหัวใจ คนที่โตเต็มวัยจะมีส่วนประกอบของคอปเปอร์โดยเฉลี่ยประมาณ 100 มิลลิกรัม สิ่งมีชีวิตต้องการแร่ธาตุดังกล่าวนี้เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างของโปรตีนซึ่งไม่ใช่กรดอะมิโนที่เรียกว่า cofactor โดยเฉพาะอย่างยิ่งเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน ภายในเซลล์ เช่น plastocyanin ในคลอโรพลาสต์ของพืชซึ่งเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา phosphophosphorylation ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Nelson and Cox, 2004) และ cytochrom oxidase ในไมโทคอนเดรียของสัตว์ซึ่งเร่งปฏิกิริยาห่วงโซ่ รับ-ส่ง อิเล็กตรอน (electron transport chain) ซึ่งเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเผาผลาญสารอาหารเพื่อให้ได้พลังงาน นอกจากนี้ยังเป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของ hemocyanin ซึ่งทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนในสัตว์จำพวกมอลลัสก์ และครัสเตเชียน เช่น ปลาหมึก กุ้ง ปู หรืออาจพบในเอนไซม์ tyrosinase ซึ่งเร่งปฏิกิริยากำจัดหมู่อะมิโน (deamination) จาก tyrosine (Martin *et al.*, 1981) เป็นต้น

โครงสร้างเชิงซ้อนของสารชีวโมเลกุล (biomolecules) ที่มีคอปเปอร์เป็นองค์ประกอบอาจเกิดขึ้นโดยพันธะระหว่างคอปเปอร์(I) กับอะตอมไนโตรเจนเพียงอย่างเดียว หรือทั้งอะตอมไนโตรเจนและซัลเฟอร์ของกรดอะมิโนซึ่งเป็นหน่วยย่อย (monomer) ในโปรตีนนั้น ๆ

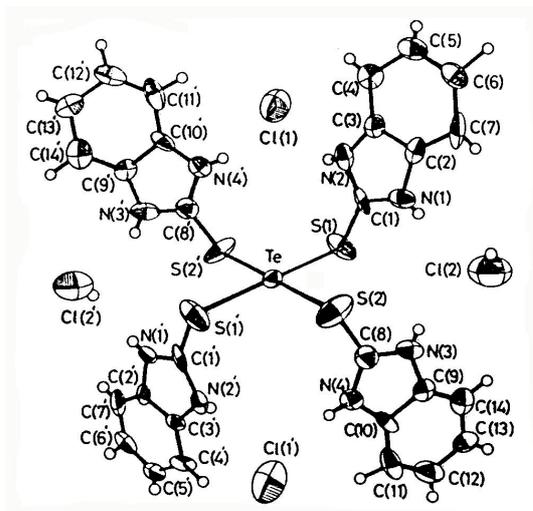
ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสังเคราะห์ ศึกษาสมบัติทางกายภาพ ลักษณะทางเคมี และหาโครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างลิแกนด์ $bimzH_2$ กับเกลือของโลหะคอปเปอร์(I)เฮไลด์ (CuX ; $X = Cl, Br, I$) ซึ่งจะได้ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของสารประกอบเชิงซ้อน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ ทางเภสัช หรือ ระบบนิเวศ ต่อไป

การตรวจเอกสาร

ในปี 1980 Yoshida ได้สังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อนของโลหะทรานซิชัน ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ คอปเปอร์ แพลตตินัม และแพลเลเดียม กับลิแกนด์ $bimzH_2$ และศึกษาโครงสร้างโดยใช้เทคนิคเอกซเรย์โฟโตอิเล็กตรอน (X-ray photoelectron) และอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (infrared spectroscopy, IR) โดยพบว่าลิแกนด์ $bimzH_2$ ใช้ทั้งอะตอมซัลเฟอร์และไนโตรเจนในการโคออร์ดิเนตกับโลหะดังกล่าว (Yoshida, 1980)

ในปี 1984 Rout และคณะได้สังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อนของเทลลูเรียมกับลิแกนด์ $bimzH_2$ โดยการละลายเทลลูเรียมไดออกไซด์ในสารละลายของกรดไฮโดรคลอริก จากนั้นทำ

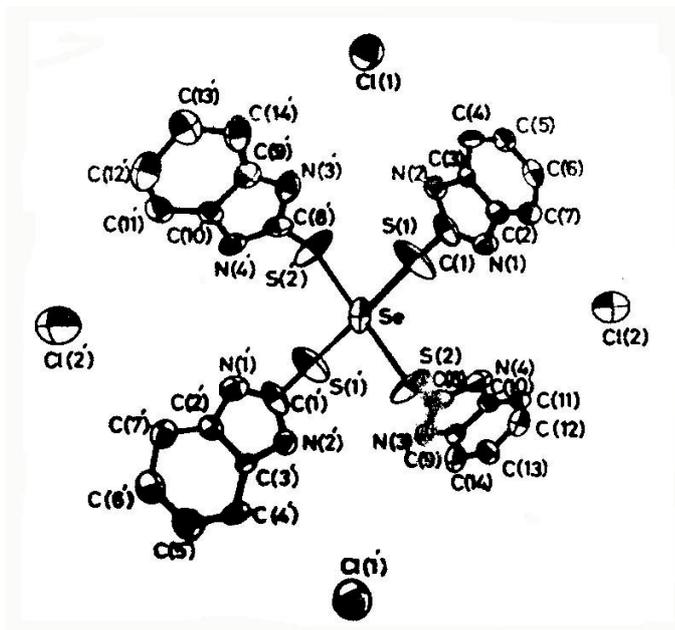
ปฏิกิริยากับลิแกนด์ bimztH_2 ในเมทานอล และหาโครงสร้างโดยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์บนผลึกเดี่ยว พบว่าผลึกของสารประกอบเชิงซ้อนอยู่ในระบบมอโนคลินิก และโครงสร้างประกอบด้วยเทลลูเรียม 1 อะตอมเกิดพันธะกับซัลเฟอร์จำนวน 4 อะตอมจากลิแกนด์จำนวน 4 โมเลกุล โดยรูปทรงทางเรขาคณิตรอบอะตอมเทลลูเรียมเป็นแบบสี่เหลี่ยมแบนราบ (square planar) ส่วนคลอรีนอยู่นอกโคออร์ดิเนชันสเฟียร์ของเทลลูเรียมสำหรับโครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อน $[\text{Te}(\text{bimztH}_2)_4]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{HCl}$ แสดงดังรูปที่ 1.4 (Rout *et al.*, 1984)



รูปที่ 1.4 โครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อน $[\text{Te}(\text{bimztH}_2)_4]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{HCl}$

ข้อมูลผลึกเป็นดังนี้ ผลึกอยู่ในระบบมอโนคลินิก, หมู่ปริภูมิ (space group) $P2_1/c$,
 $a = 13.939(5)$, $b = 26.523(9)$, $c = 4.873(2)$ Å, $\beta = 100.29(4)^\circ$, $V = 772.6$ Å³, $D_c = 1.651$ g cm⁻³,
 $Z = 2$, $R = 0.055$

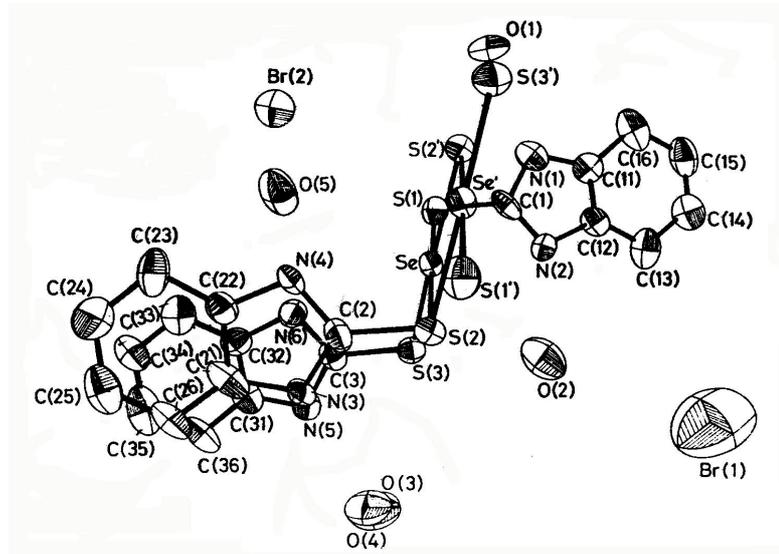
ในปี 1984 Sowriragan และคณะ ได้สังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อนจากปฏิกิริยาของซีลีเนียมไดออกไซด์ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกกับลิแกนด์ bimztH_2 ในเมทานอล และหาโครงสร้างโดยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์บนผลึกเดี่ยว พบว่าผลึกของสารประกอบเชิงซ้อนอยู่ในระบบมอโนคลินิก และโครงสร้างประกอบด้วยซีลีเนียม 1 อะตอม เกิดพันธะกับซัลเฟอร์ 4 อะตอม จากลิแกนด์จำนวน 4 โมเลกุล โดยรูปทรงทางเรขาคณิตรอบอะตอมซีลีเนียมเป็นแบบสี่เหลี่ยมแบนราบ ส่วนอะตอมคลอรีนอยู่นอกโคออร์ดิเนชันสเฟียร์ของซีลีเนียม สำหรับโครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อน $[\text{Se}(\text{bimztH}_2)_4]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{HCl}$ แสดงดังรูปที่ 1.5 (Sowriragan *et al.*, 1984)



รูปที่ 1.5 โครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อน $[\text{Se}(\text{bimztH}_2)_4]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{HCl}$

ข้อมูลผลึกเป็นดังนี้ ผลึกอยู่ในระบบมอโนคลินิก, หมู่ปริภูมิ $P2_1/a$, $a = 4.830(1)$, $b = 26.565(7)$, $c = 13.787(3)$ Å, $\beta = 100.29(4)^\circ$, $V = 1741.7$ Å³, $D_x = 1.570$ g cm⁻³, $Z = 2$, $R = 0.075$

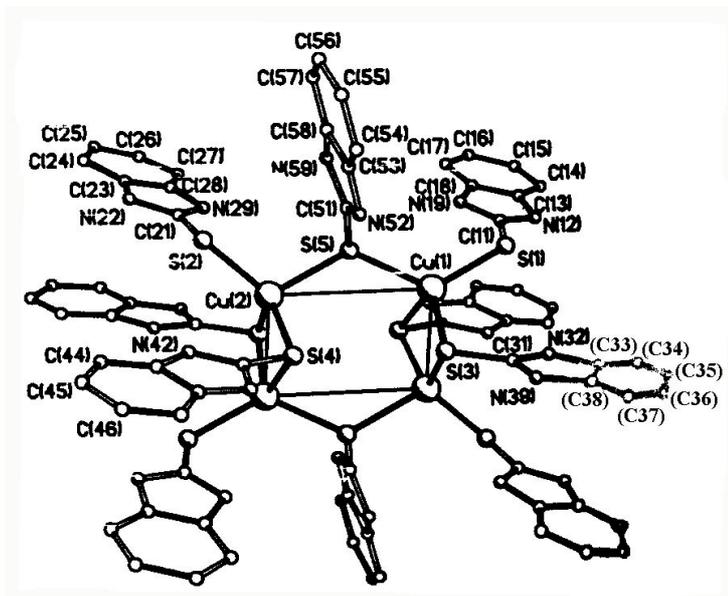
ในปี 1985 Chidambaram และคณะ ได้เตรียมสารประกอบเชิงซ้อนจากปฏิกิริยาของ ซิลิเนียมไดออกไซด์กับลิแกนด์ bimztH_2 ในเมทานอล จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยาต่อกับสารละลาย กรดไฮโดรโบรมิก และหาโครงสร้างโดยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์บนผลึกเดี่ยวพบว่าผลึก ของสารประกอบเชิงซ้อนอยู่ในระบบไตรคลินิก ซึ่งโครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนประกอบด้วย แนวระนาบของไอออน $[\text{Se}_2(\text{bimztH}_2)_6]^{4+}$ โดยลิแกนด์ใช้อะตอมซัลเฟอร์ในการสร้างพันธะกับ ซิลิเนียมแบบ terminal จำนวน 2 โมเลกุล และ μ_2 -S bridging จำนวน 2 โมเลกุล ส่วนอะตอมโบรมีน อยู่นอกโคออร์ดิเนชันสเฟียร์ของซิลิเนียม และมีโมเลกุลของน้ำในโครงผลึก สำหรับโครงสร้างของ สารประกอบเชิงซ้อน $[\text{Se}(\text{bimztH}_2)_3]\text{Br}_2 \cdot 5\text{HCl}$ แสดงดังรูปที่ 1.6 (Chidambaram *et al.*, 1984)



รูปที่ 1.6 โครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อน $[\text{Se}(\text{bimztH}_2)_3]\text{Br}_2 \cdot 5\text{HCl}$

ข้อมูลผลึกเป็นดังนี้ ผลึกอยู่ในระบบไตรคลินิก, หมู่ปริภูมิ $P\bar{1}$, $a = 10.359(2)$,
 $b = 10.742(2)$, $c = 13.604(2)$ Å, $\alpha = 87.25(1)$, $\beta = 88.89(1)$, $\gamma = 83.63(2)^\circ$, $V = 1502.6$ Å³,
 $D_x = 1.72$ Mg m⁻³, $Z = 2$, $R = 0.055$

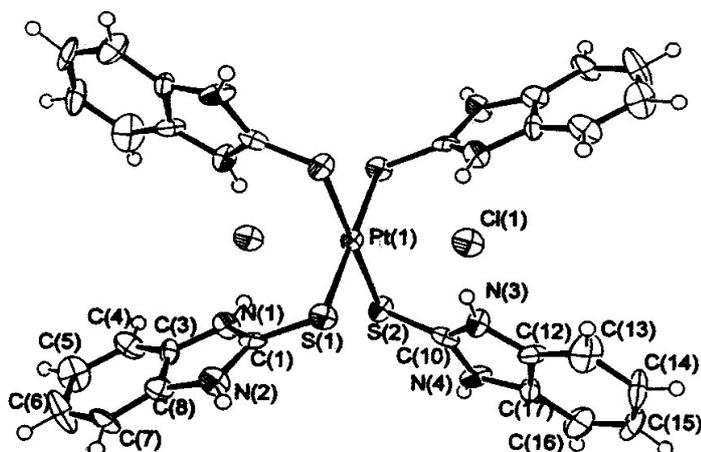
ในปี 1988 Raper และคณะ ได้เตรียมสารประกอบเชิงซ้อนจากปฏิกิริยาของสารละลายคอปเปอร์(II)เปอร์คลอเรตเฮกซะไฮเดรตกับสารละลายของลิแกนด์ bimztH_2 ในเอทานอล และได้หาโครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนโดยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์บนผลึกเดี่ยว พบว่าผลึกของสารประกอบเชิงซ้อนอยู่ในระบบโมโนคลินิก และโครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนประกอบด้วยแคตไอออนของ $[\text{Cu}_4(\text{bimztH}_2)_{10}]^{4+}$ และแอนไอออนของเปอร์คลอเรต นอกจากนี้ยังพบโมเลกุลของน้ำในโครงผลึก ซึ่งลิแกนด์ใช้อะตอมของซัลเฟอร์ในการสร้างพันธะกับคอปเปอร์แบบ terminal จำนวน 4 โมเลกุล และ μ_2 -S bridging จำนวน 6 โมเลกุล โดยรูปทรงทางเรขาคณิตรอบคอปเปอร์แต่ละอะตอมเป็นแบบทรงเหลี่ยมสี่หน้าที่ยึดเบี้ยว โครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนของ $[\text{Cu}_2(\text{bimztH}_2)_5](\text{ClO}_4)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ แสดงดังรูปที่ 1.7 (Raper *et al.*, 1988)



รูปที่ 1.7 โครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อน $[(\text{Cu}_4(\text{bimztH}_2)_{10})]^{4+}$

ข้อมูลผลึกเป็นดังนี้ ผลึกอยู่ในระบบมอโนคลินิก, หมู่ปริภูมิ $P2_1/c$, $a = 14.960(2)$, $b = 25.863(3)$, $c = 14.031(2)$ Å, $\beta = 110.331(8)^\circ$, $V = 5090.6$ Å³, $D_c = 1.570$ g cm⁻³, $Z = 2$, $R = 0.092$

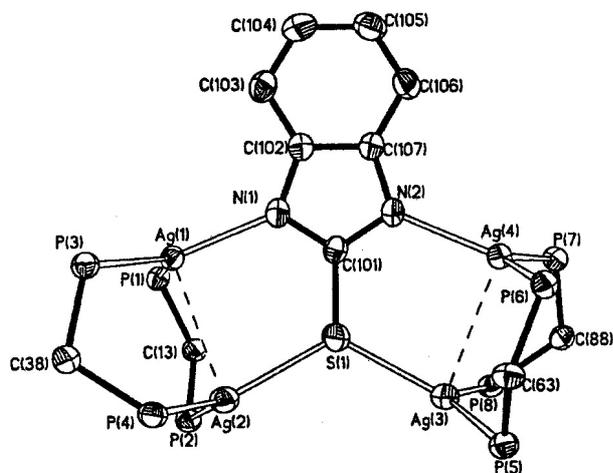
ในปี 2001 Jolley และคณะ ได้สังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อนจากปฏิกิริยาของ $\text{K}_2[\text{PtCl}_4]$ กับสารละลายลิแกนด์ bimztH_2 ในเอทานอล และหาโครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนโดยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์บนผลึกเดี่ยว พบว่าผลึกของสารประกอบเชิงซ้อนอยู่ในระบบมอโนคลินิก และโครงสร้างประกอบด้วยแพลตตินัม 1 อะตอมเกิดพันธะกับซัลเฟอร์จำนวน 4 อะตอมจากลิแกนด์จำนวน 4 โมเลกุล โดยรูปทรงทางเรขาคณิตรอบอะตอมแพลตตินัมเป็นแบบสี่เหลี่ยมแบนราบ ส่วนอะตอมคลอรีนอยู่นอกโคออร์ดิเนชันสเฟียร์ของแพลตตินัม นอกจากนี้ยังพบโมเลกุลของเอทานอลในโครงผลึกและมีพันธะไฮโดรเจนเกิดขึ้นระหว่างกลุ่ม N—H กับคลอไรด์ ไอออนและอะตอมออกซิเจน สำหรับโครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อน $[\text{Pt}(\text{bimztH}_2)_4]\text{Cl}_2 \cdot \text{EtOH}$ แสดงดังรูปที่ 1.8 (Jolley *et al.*, 2001)



รูปที่ 1.8 โครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนของ $[\text{Pt}(\text{bimztH}_2)_4]\text{Cl}_2 \cdot \text{EtOH}$

ข้อมูลผลึกเป็นดังนี้ ผลึกอยู่ในระบบมอโนคลินิก, หมู่ปริภูมิ $P2_1/n$, $a = 10.988(4)$, $b = 11.791(5)$, $c = 14.589(5)$ Å, $\alpha = 90$, $\beta = 105.00(3)$, $\gamma = 90^\circ$, $V = 1825.9(11)$ Å³, $D_c = 1.744$ mg cm⁻³, $Z = 4$, $R = 0.1598$

ในปี 2003 Zhang และคณะ ได้เตรียมสารประกอบเชิงซ้อน $[\text{Ag}(\text{bimzt})(\text{dppm})_4]^{2+}$ โดยเริ่มต้นจากการนำสารละลายผสมระหว่างลิแกนด์ bimztH_2 กับ triethylamine (NEt_3) ทำปฏิกิริยากับสารละลายของ AgBF_4 ในเมทานอล จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปทำปฏิกิริยากับลิแกนด์ bis(diphenylphosphino)methane (dppm) และหาโครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนโดยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์บนผลึกเดี่ยว พบว่าผลึกของสารประกอบเชิงซ้อนอยู่ในระบบไตรคลินิก และลิแกนด์ bimztH_2 ใช้ทั้งซัลเฟอร์และไนโตรเจนในการเกิดพันธะกับซิลเวอร์ โดยรูปทรงทางเรขาคณิตรอบอะตอมซิลเวอร์เป็นแบบสามเหลี่ยมแบนราบที่บิดเบี้ยว (distorted trigonal) โครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 1.9 (Zhang *et al.*, 2003)



รูปที่ 1.9 โครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนของ $[Ag(bimzt)(dppm)_4]^{2+}$

ข้อมูลผลึกเป็นดังนี้ ผลึกอยู่ในระบบโพโรคลินิก, หมู่ปริภูมิ $P\bar{1}$, $a = 13.997(3)$,
 $b = 14.006(3)$, $c = 29.695(6)$ Å, $\alpha = 97.226(4)$, $\beta = 97.151(4)$, $\gamma = 97.839(4)^\circ$, $V = 5661.6(18)$ Å³, $Z = 2$, $R = 0.0547$

วัตถุประสงค์

1. เตรียมผลึกของสารประกอบเชิงซ้อนของคอปเปอร์(I)เฮไลด์ (CuX ; $X = Cl, Br, I$) กับลิแกนด์ 2-เมอร์แคปโตเบนซิมิดาโซล
2. ศึกษาสมบัติทางกายภาพและลักษณะทางเคมีโดยใช้โดยเทคนิคการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบ (elemental analysis) เทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโทรเมตรี (X-ray fluorescence spectrometry, XRF) เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Fourier transform infrared spectroscopy, FT-IR) และเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี (Fourier transform nuclear magnetic resonance spectroscopy, FT-NMR)
3. ศึกษาโครงสร้างโดยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์บนผลึกเดี่ยว (single crystal X-ray diffraction methods) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ระบบ Xtal version 3.7 และ SHELXTL NT version 6.12