



การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ครั้งที่ 39

The 39th Kasetsart University Annual Conference

Temperature had
of LPG. When the
higher, the LPG may be
imposed easier and many carbon species can be
ed, so the amount of carbon nanotubes can be
increased. In this experiment, we could not
the carbon nanotubes at temperature above
C because the furnace has maximum
at 1,200 °C.

which have approx
300-500 nm long. The am
increases with the because of the reaction
temperature and the LPG/O₂ ratio. The method
proposed can be adopted to prepare carbon
nanotubes at yield was obtained by using LPG/O₂
ratio of 9:1 at the reaction temperature of 1,100
and the reaction time of 2 hours. If the condition
are improved further, the yield of carbon nanotubes
may be raised to a higher level.

5-7 กุมภาพันธ์ 2544

5-7 February 2001

จัดโดย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ร่วมกับ

กระทรวงศึกษาธิการ

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ทบวงมหาวิทยาลัย



การศึกษาการเกิดสารเชิงซ้อนระหว่างโลหะคอปเปอร์ และ 2-(2'-Thiazolylazo)-p-cresol โดยวิธีทางสเปกโทรโฟโตเมทรี

Spectrophotometric studies on the formation of complex between copper(II) and 2-(2'-thiazolylazo)-p-cresol

อภิสิทธิ์ ศงสะเสน และ วรางคณา ฤกษ์พะลิน

Apisit Songsasen and Warangkana Rerkpalin

บทคัดย่อ

สารประกอบ 2-(2'-Thiazolylazo)-p-cresol (TAC) สามารถเตรียมได้จากปฏิกิริยา diazotization ของ 2-Aminothiazole แล้วนำไปทำปฏิกิริยาคู่ควบด้วย p-cresol ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิประมาณ -5 องศาเซลเซียส จากการศึกษาอัตราส่วนระหว่างไอออน Cu^{2+} กับ TAC ในการเกิดสารเชิงซ้อนพบว่า เท่ากับ 1:1 และ 1:2 ที่สภาวะกรดและเบสตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราส่วนดังกล่าวขึ้นกับ pH และชนิดของสารละลายบัฟเฟอร์ด้วย จากการศึกษาสารเชิงซ้อนโดยวิธีอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตเมทรีสามารถตรวจสอบได้ว่า ตำแหน่ง N=N ใน TAC เป็นตำแหน่งที่ควรที่จะเกิดพันธะกับโลหะ Cu^{2+}

ABSTRACT

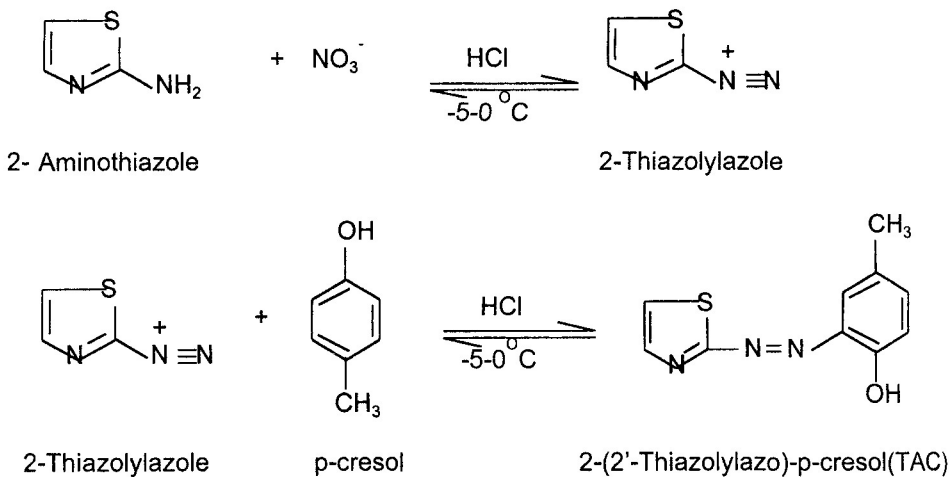
2-(2'-Thiazolylazo)-p-cresol (TAC) was prepared by the diazotization reaction of 2-Aminothiazole followed by coupling with p-cresol in hydrochloric solution at -5°C . Stoichiometric determination of the complex between Cu^{2+} and TAC at pH 3,5,7 and 10 were investigated by mole ratio and Job's method at 608 nm in acidic condition and 620 nm in basic condition. The ratio of Cu^{2+} :TAC in complex are 1:1 and 1:2 in acidic conditions and basic condition respectively. The pH and types of buffer also have the effect on the ratio of Cu^{2+} and TAC in the complex. From the infrared spectrophotometry, TAC should use the N=N position in the molecule to form covalent bond with Cu^{2+} ion.

Keywords : 2-(2'-Thiazolylazo)-p-cresol (TAC), Copper

คำนำ

ในรายงานนี้ได้กล่าวถึงการเตรียมสารประกอบ 2-(2'-Thiazolylazo)-p-cresol (TAC)¹ และการหาอัตราส่วนระหว่างโลหะ Cu^{2+} กับ TAC ที่ pH เท่ากับ 3,5,7 และ 10² ด้วยเทคนิคทางสเปกโทรโฟโตเมทรี โดยวิธี mole ratio³ และวิธีของ Job⁴ พร้อมทำนายตำแหน่งที่สามารถเกิดพันธะระหว่างลิแกนด์ TAC กับโลหะ Cu^{2+} จากอินฟราเรดสเปกตรัม

การสังเคราะห์ 2-(2'-Thiazolylazo)-p-cresol โดยการทำปฏิกิริยา diazotization และปฏิกิริยาคู่ควบ ดังสมการต่อไปนี้



ภาพที่ 1 แสดงปฏิกิริยา diazotization และปฏิกิริยาคู่ควบ

2-(2'-Thiazolylozo)-p-cresol ที่สังเคราะห์ได้นั้นเป็น polydentate ligand ซึ่งลิแกนด์ชนิดนี้มีคุณสมบัติในการเกิดสารเชิงซ้อนกับโลหะทรานซิชันได้หลายชนิด เช่น โลหะ Cu²⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Cd²⁺ และ Zn²⁺ แต่ในการทดลองนี้จะพิจารณาถึงการเกิดสารเชิงซ้อนกับโลหะ Cu²⁺ ที่มีการจัดโครงสร้างแบบอเล็กตรอนชั้นนอกเป็น d⁹ ซึ่งสามารถเกิดสารเชิงซ้อนกับ TAC ที่ pH เท่ากับ 3, 5, 7 และ 10 ในสารละลายบัฟเฟอร์โดยใช้เทคนิคทางสเปกโตรโฟโตเมตรี

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องมือ	FT-IR : Perkin Elmer	
	UV-VIS Spectrophotometer : Jasco model 7800	
	pH-meter : Inolab	
สารเคมี	2-Aminothiazole	ผลิตโดยบริษัทFluka
	p-cresol	ผลิตโดยบริษัทM&B
	Sodiumnitrite	ผลิตโดยบริษัทMerck
	Hydrochloric acid	ผลิตโดยบริษัทBDH
	Copperchloride (CuCl ₂ .2H ₂ O)	ผลิตโดยบริษัทFluka

วิธีการทดลอง

1. การสังเคราะห์ 2-(2'-Thiazolylozo)-p-cresol

การสังเคราะห์ 2-(2'-Thiazolylozo)-p-cresol โดยการทำปฏิกิริยาดiazotizationของ 2-Aminothiazole ในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 โมลาร์ที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส แล้วทำปฏิกิริยาคู่ควบกับ p-cresol ในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 4 โมลาร์ แล้วทำการปรับ pH ให้มีค่าประมาณ 5 ด้วยสารละลายโซเดียมอะซิเตท จากนั้นนำตะกอน TAC ที่ได้ไปตกผลึกด้วยสารละลายผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำ หรือกรดอะซิติกกับน้ำ ซึ่ง TAC ที่ได้นี้สามารถละลายน้ำได้เล็กน้อย แต่สามารถละลายได้ดีในสารละลายที่มีขี้

2. การสังเคราะห์สารเชิงซ้อนระหว่างโลหะ Cu^{2+} กับ TAC

นำสารละลาย $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ เข้มข้น 0.1 โมลาร์ ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ และสารละลาย TAC เข้มข้น 0.1 โมลาร์ ใน 95% เอทานอล มาผสมกันในอัตราส่วนที่เท่ากัน สังเกตการตกตะกอน และนำตะกอนที่ได้ไปวิเคราะห์โดยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตเมทรี

3. ศึกษาอัตราส่วนระหว่างโลหะ Cu^{2+} กับ TAC ในการเกิดสารเชิงซ้อนที่ pH เท่ากับ 3, 5, 7 และ 10 ในสารละลายบัฟเฟอร์โดยเทคนิคทางสเปกโตรโฟโตเมทรี

วิธี Mole ratio

1. เตรียมสารละลาย $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ และ TAC เข้มข้น 2×10^{-4} โมลาร์ที่ pH เท่ากับ 3, 5, 7 และ 10
2. เตรียมสารละลายสารเชิงซ้อนของโลหะ Cu^{2+} กับ TAC ที่เตรียมได้ในอัตราส่วนต่างๆกัน และเตรียมสารละลาย blank ของ TAC ที่ pH เท่ากับ 3, 5, 7 และ 10
3. นำสารละลายสารเชิงซ้อนที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้มากที่สุดในแต่ละ pH
4. นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ซึ่งหักค่าการดูดกลืนแสงของ blank เรียบร้อยแล้ว ไปสร้างกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับอัตราส่วนระหว่าง Cu^{2+} กับ TAC ในการเกิดสารเชิงซ้อนที่ pH เท่ากับ 3, 5, 7 และ 10

วิธีของ Job

1. เตรียมสารละลาย $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ และ TAC เข้มข้น 2×10^{-4} โมลาร์ที่ pH เท่ากับ 3, 5, 7 และ 10
2. เตรียมสารละลายสารเชิงซ้อนโดยปิเปต สารละลาย Cu^{2+} กับ TAC ในปริมาตร 10.00:0.00, 9.00:1.00, 8.00:2.00, 7.00:3.00, 6.00:4.00, 5.00:5.00, 4.00:6.00, 3.00:7.00, 2.00:8.00, 1.00:9.00 และ 0.00:10.00 cm^3
3. นำสารละลายสารเชิงซ้อนที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้มากที่สุดในแต่ละ pH
4. นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ และนำไปแก้ไขค่าแล้วไปสร้างกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับเศษส่วนโมลของ Cu^{2+} และ TAC แล้วหาอัตราส่วนระหว่างโลหะ Cu^{2+} กับ TAC ในการเกิดสารเชิงซ้อนที่ pH เท่ากับ 3, 5, 7 และ 10

4. ศึกษาอิทธิพลของชนิดสารละลายบัฟเฟอร์ที่ pH เท่ากับ 10 ที่มีผลต่ออัตราส่วนระหว่างโลหะ Cu^{2+} กับ TAC ในการเกิดสารเชิงซ้อนโดยวิธีของ Job

ทำการทดลองตามวิธีของ Job โดยในการทดลองได้เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ที่ pH เท่ากับ 10 จากสารละลายต่อไปนี้

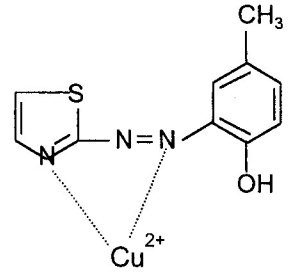
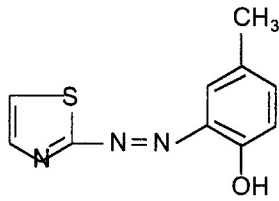
ชนิดที่ 1 เตรียมจากสารละลายระหว่างแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.10 โมลาร์ กับสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น 0.10 โมลาร์

ชนิดที่ 2 เตรียมจากสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตเข้มข้น 0.05 โมลาร์ กับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.10 โมลาร์

ชนิดที่ 3 เตรียมจากสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตเข้มข้น 0.10 โมลาร์ กับสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.10 โมลาร์

ผลและวิจารณ์

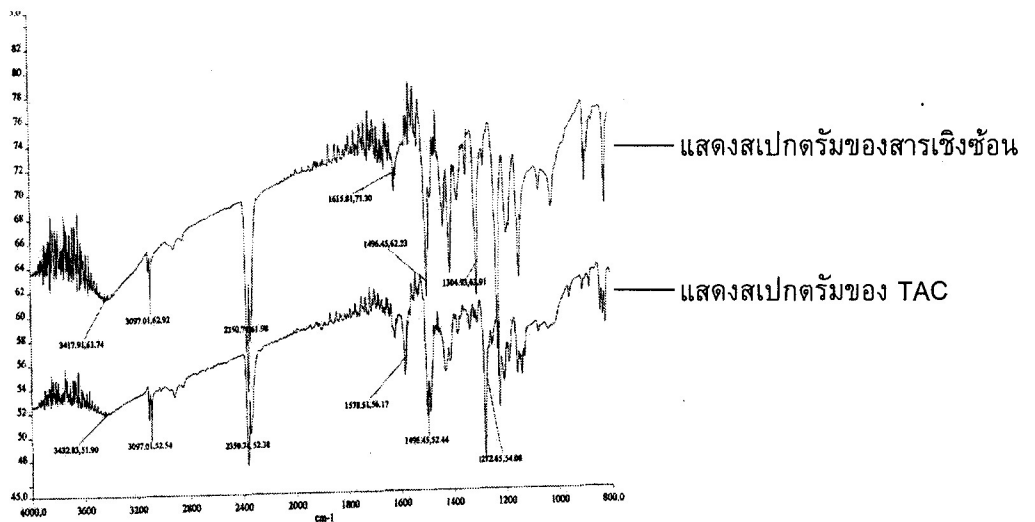
1. การวินิจฉัยโครงสร้างของ TAC และสารเชิงซ้อนระหว่างโลหะ Cu^{2+} กับ TAC โดยเทคนิคทางอินฟราเรดสเปกโตรเมทรี



โครงสร้างของ 2-(2'-Thiazolyazo)-p-cresol

โครงสร้างของสารเชิงซ้อนของ Cu^{2+} กับ TAC

ภาพที่ 2 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของ TAC และสารเชิงซ้อนระหว่าง Cu^{2+} กับ TAC



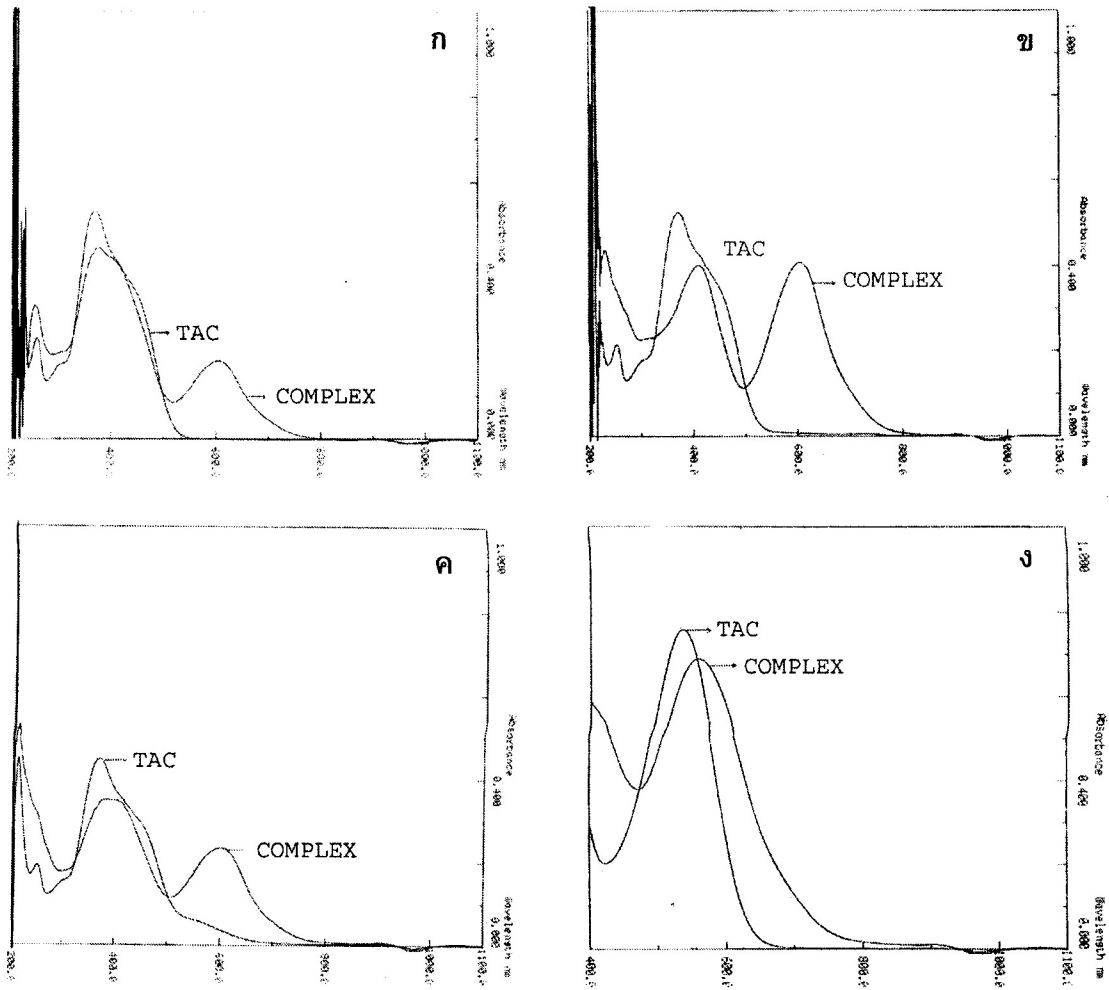
ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลจากอินฟราเรดสเปกตรัมของ TAC และสารเชิงซ้อนระหว่าง Cu^{2+} กับ TAC

2-(2'-Thiazolyazo)-p-cresol (TAC)		สารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง Cu^{2+} กับ TAC	
เลขคลื่น (cm^{-1})	หมู่ฟังก์ชัน	เลขคลื่น (cm^{-1})	หมู่ฟังก์ชัน
~1578	N=N stretch	~1615	N=N stretch
~1272	C-N stretch	~1304	C-N stretch
~1496	C-S stretch	~1496	C-S stretch

จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าหมู่ฟังก์ชันของ TAC เมื่อเกิดเป็นสารเชิงซ้อนระหว่าง Cu^{2+} กับ TAC แล้ว จะทำให้ตำแหน่งของหมู่ฟังก์ชันของ TAC ที่สามารถเกิดพันธะกับโลหะ Cu^{2+} นั้นจะมีเลขคลื่นเลื่อนไปทางด้านที่มี

พลังงานสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากความแข็งแรงของพันธะที่เกิดระหว่างหมู่ฟังก์ชันของ TAC กับโลหะ Cu^{2+} จึงสรุปได้ว่าตำแหน่งของไนโตรเจนอะตอมที่หมู่ฟังก์ชัน N=N ควรเป็นตำแหน่งที่สามารถเกิดพันธะกับโลหะ Cu^{2+}

2. แสดง UV-VIS สเปกตรัมของการเกิดสารเชิงซ้อนที่ pH เท่ากับ 3, 5, 7 และ 10



ภาพที่ 3 แสดงสเปกตรัมของ TAC และสารเชิงซ้อนระหว่าง Cu^{2+} กับ TAC ที่ pH เท่ากับ 3 (รูป ก), 5 (รูป ข), 7 (รูป ค) และ 10 (รูป ง)

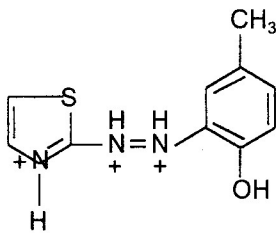
3. ศึกษาอิทธิพลของค่า pH ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลาย TAC และของสารเชิงซ้อนที่ pH เท่ากับ 3, 5, 7 และ 10

3.1.เปรียบเทียบสีของสารละลาย TAC ที่ pH เท่ากับ 3,5,7และ10

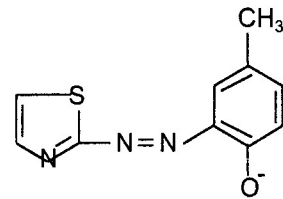
ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลจาก UV-VIS สเปกตรัมของสารละลาย TAC ที่ pH เท่ากับ 3,5,7และ10

pH	สีของสารละลาย TAC	ค่าความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้ สูงที่สุด (nm)	
3	สารละลายใสสีเหลืองอ่อน	252	372
5	สารละลายใสสีเหลืองอ่อน	253	374
7	สารละลายใสสีเหลืองอ่อน	252	372
10	สารละลายใสสีชมพูบานเย็น	366	534

จากข้อมูล UV-VIS สเปกตรัมพบว่าที่สภาวะกรดและกลาง ค่าความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้สูงที่สุดเท่ากับ 372 นาโนเมตร เนื่องมาจากที่สภาวะกรดโปรตอนจะเข้ามา protonate ที่ตำแหน่งไนโตรเจนอะตอมของวง thiazole ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โครงสร้างของTACที่สภาวะกรดและกลาง



ภาพที่ 5 โครงสร้างของTACที่สภาวะเบส

จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นถึงผลของพันธะโคออร์ดิเนตโควาเลนต์ที่เกิดจากตัวทำละลายที่มีโปรตอนกับคู่อิเล็กตรอนที่ไม่เกิดพันธะของไนโตรเจนอะตอมซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดสเปกตรัมที่ความยาวคลื่นสั้นกว่าที่สภาวะเบส

และที่สภาวะเบสเกิดปรากฏการณ์ Bathochromic shift จากภาพที่ 5 พิจารณาที่ความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้สูงสุดที่ 534 นาโนเมตร พบว่าสเปกตรัมเกิดที่ความยาวคลื่นมากขึ้น และเมื่อพิจารณาที่ความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้สูงสุดที่ 366 นาโนเมตร พบว่าที่สภาวะเบสหมู่ฟีนอลจะอยู่ในรูปของฟีนอลเลต โดยจะเห็นจากสีชมพูบานเย็นที่เกิดขึ้น⁵ ซึ่งเกิดจากการเกิด long conjugation double bond ของ TAC ในเบส เหมือนกับ phenolphthalein ในเบส

3.2.เปรียบเทียบสีของสารละลายสารเชิงซ้อนที่pH เท่ากับ 3,5,7 และ10

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลจาก UV-VIS สเปกตรัมของสารละลายสารเชิงซ้อน ที่ pH เท่ากับ 3,5,7และ10

pH	สีของสารละลาย TAC	ค่าความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้ สูงสุด (nm)
3	สารละลายสีสีเขียวอ่อน	608
5	สารละลายสีเขียวน้ำทะเล	605
7	สารละลายสีเขียวอ่อน	601
10	สารละลายสีชมพูบานเย็น	558

จากข้อมูล UV-VIS สเปกตรัมพบว่าที่สภาวะกรดและกลาง สีของสารละลายสารเชิงซ้อนมีสีเขียว ซึ่งแตกต่างจากสีของสารละลายTAC แสดงให้เห็นว่าสารเชิงซ้อนเกิดการทรานซิชันของอิเล็กตรอนจากสภาวะพื้นไปยังสภาวะกระตุ้น ซึ่งใช้พลังงานน้อยกว่าการทรานซิชันจากสภาวะพื้นไปยังสภาวะกระตุ้นของTAC ที่แสดงให้เห็นถึงการ overlap กันระหว่างออร์บิทัลของ TAC กับออร์บิทัลของ Cu^{2+} ดังนั้นการทรานซิชันที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากออร์บิทัลของ TAC ไปสู่ออร์บิทัลของ Cu^{2+} หรือจากออร์บิทัลของ Cu^{2+} ไปสู่ออร์บิทัลของ TAC

และที่สภาวะเบสพบว่าสีของสารละลายสารเชิงซ้อนมีสีชมพูบานเย็น แต่จากสเปกตรัมของสารเชิงซ้อนนั้นเกิดปรากฏการณ์ red shift เนื่องมาจากอิทธิพลของอิเล็กตรอนของโลหะ ที่มีผลต่อระดับพลังงานของออร์บิทัล TAC ที่ส่งผลให้ระดับพลังงานลดลง ดังนั้นพลังงานที่ใช้ในการกระตุ้นอิเล็กตรอนจากสภาวะพื้นไปยังสภาวะกระตุ้นลดลง เป็นสาเหตุให้เกิดการเลื่อนไปของสเปกตรัม

4.ศึกษาอัตราส่วนระหว่างโลหะ Cu^{2+} กับ TAC ในการเกิดสารเชิงซ้อนที่pH เท่ากับ 3,5,7 และ10

โดยวิธี Mole ratio

จากค่าการดูดกลืนของสารเชิงซ้อนที่อัตราส่วนต่างๆที่ pH เท่ากับ 3,5,7 และ10 นำไปสร้างกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับอัตราส่วนโลหะ Cu^{2+} กับ TAC พบว่าสามารถหาอัตราส่วนระหว่าง Cu^{2+} กับTACในการเกิดสารเชิงซ้อนได้เท่ากับ 1.00:4.00,1.00:2.40,1.00:2.60 และ 1.00:2.70 ที่pH เท่ากับ 3,5,7 และ10 ตามลำดับ

5. ศึกษาอัตราส่วนระหว่างโลหะ Cu^{2+} กับ TACในการเกิดสารเชิงซ้อนที่ pH เท่ากับ 3,5,7 และ10

โดยวิธีของJob และพิจารณาอิทธิพลชนิดสารละลายบัฟเฟอร์ที่pH เท่ากับ10

จากค่าการดูดกลืนแสงของสารเชิงซ้อนที่วัดได้ นำไปสร้างกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาตรของสารละลาย Cu^{2+} ที่ pH เท่ากับ 3,5,7 และ10 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงอัตราส่วนระหว่างโลหะ Cu^{2+} กับ TAC ที่ pH เท่ากับ 3, 5, 7 และ 10

pH	สารละลายบัฟเฟอร์	อัตราส่วนระหว่างโลหะ Cu^{2+} กับ TAC
3	$\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COONa}$	1.00:1.00
5	$\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COONa}$	1.00:1.05
7	$\text{NaH}_2\text{PO}_4/\text{Na}_2\text{HPO}_4$	1.00:1.00
10	$\text{NH}_4\text{OH}/\text{NH}_4\text{Cl}$	1.00:1.63
10	$\text{NaHCO}_3/\text{NaOH}$	1.00:1.78
10	$\text{NaHCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$	1.00:1.83

จากตารางที่ 4 พบว่าอิทธิพลของสารละลายที่ pH ต่างๆ มีผลต่ออัตราส่วนการเกิดสารเชิงซ้อนระหว่างโลหะ Cu^{2+} กับ TAC จากภาพที่ 5 โครงสร้างของ TAC ในสภาวะเบส พบว่าตำแหน่งของไนโตรเจนอะตอมที่สามารถเกิดพันธะกับ Cu^{2+} ได้นั้นมีความเป็นลบสูง จึงสามารถให้อิเล็กตรอนแก่โลหะอะตอมกลางได้ดีกว่าในสภาวะกรด ซึ่งในสภาวะกรดไนโตรเจนอะตอมจะถูก protonate ด้วยโปรตอนในตัวทำละลายเป็นผลให้ความสามารถในการให้อิเล็กตรอนลดลง ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างโลหะ Cu^{2+} กับ TAC ที่สภาวะเบสจึงมีอัตราส่วนที่สูงกว่าในสภาวะกรด

จากโครงสร้างของ TAC ที่สภาวะเบส (ดังภาพที่ 5) พบว่าตำแหน่งของไนโตรเจนสามารถเกิดพันธะกับ Cu^{2+} ได้ ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงชนิดของสารละลายบัฟเฟอร์ที่ต่างกัน 3 ชนิดที่ pH เท่ากับ 10 พบว่าสารละลายบัฟเฟอร์ที่เตรียมจากสารละลาย $\text{NH}_4\text{OH}/\text{NH}_4\text{Cl}$ นั้นจะมี NH_4^+ ที่มีความสามารถในการเกิดพันธะระหว่างไนโตรเจนอะตอมกับ Cu^{2+} ได้ดี ดังนั้น NH_4^+ จึงมีอิทธิพลต่อการเกิดสารเชิงซ้อน แต่สำหรับสารละลายบัฟเฟอร์ที่เตรียมจากสารละลาย $\text{NaHCO}_3/\text{NaOH}$ และ $\text{NaHCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$ พบว่าอัตราส่วนโลหะ Cu^{2+} กับ TAC จะมีอัตราส่วนที่สูงกว่าในสารละลายบัฟเฟอร์ที่เตรียมจากสารละลาย $\text{NH}_4\text{OH}/\text{NH}_4\text{Cl}$ ทั้งนี้เนื่องจาก CO_3^{2-} และ HCO_3^- ที่มีความสามารถในการเกิดพันธะกับ Cu^{2+} ได้น้อยกว่า NH_4^+ จึงทำให้ TAC สามารถเกิดพันธะกับ Cu^{2+} ได้มากขึ้น และนอกจากนี้พบว่าในสารละลายบัฟเฟอร์ที่เตรียมจากสารละลาย $\text{NaHCO}_3/\text{NaOH}$ นั้นมีอัตราส่วนโลหะ Cu^{2+} กับ TAC น้อยกว่าในสารละลายบัฟเฟอร์ที่เตรียมจากสารละลาย $\text{NaHCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$ ทั้งนี้เนื่องจาก OH^- ที่สามารถเกิดสารประกอบกับ Cu^{2+} ได้นั้นเอง แสดงให้เห็นว่าชนิดของสารละลายบัฟเฟอร์นั้นมีผลต่ออัตราส่วนระหว่างโลหะ Cu^{2+} กับ TAC ในการเกิดสารเชิงซ้อน

เอกสารอ้างอิง

Bror Skytte Jenson., *Acta Chem. Scand.* 1960, 14, 927-32.

Gusev, S.I., Glushkova, I.N., and Ketova, L.A., *Uch.Zap., Permsk. Gos. Univ.* 1973, 289, 255-64.

แมน อมรสิทธิ์, *หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ*, ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงพิมพ์ชวนพิมพ์, 2534, หน้า 67. *Job, Ann. Chim.* 1928, 9, 113.

ไพลิน ลีมิตรกุล และคณะ, *ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์*, พิมพ์ครั้งที่ 2, โรงพิมพ์โอ.เอส.พรินติ้ง เฮ้าส์, 2537, หน้า 90