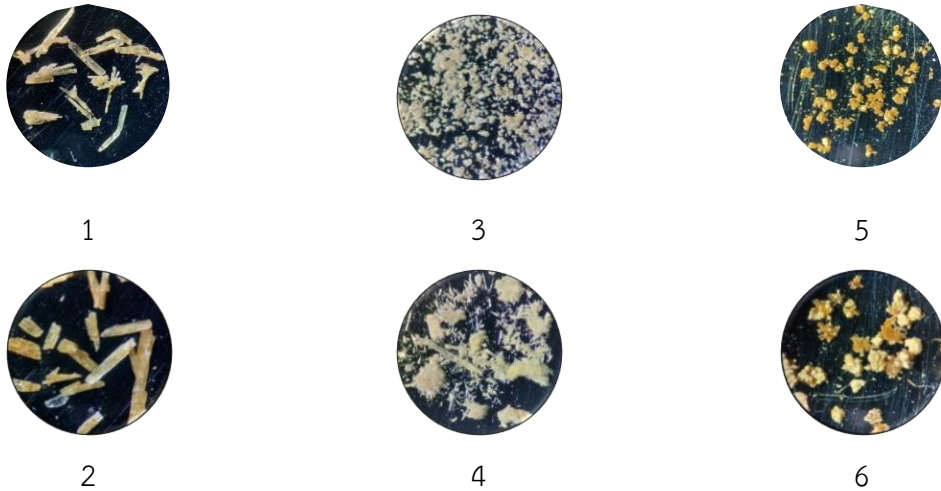


บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 สังเคราะห์โครงข่ายโลหะอินทรีย์ที่อุณหภูมิต่ำ ด้วยวิธี ไฮโดรเทอร์มอล (Hydrothermal synthesis)

งานวิจัยนี้ศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติของโครงข่ายโลหะอินทรีย์ (MOFs) ที่สังเคราะห์ได้จากโลหะแลนทาไนด์ (ยูโรเพียม (Eu) เทอร์เบียม (Tb)) กับลิแกนด์ไฮดราไซด์ (*p*-BrBzz, *p*-ClBzz, *p*-NOBzz) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างโลหะกับลิแกนด์ 1:2 (0.2:0.4, 0.25:0.50, 0.25:0.50 mmol ตามลำดับ) สังเคราะห์โดยวิธีไฮโดรเทอร์มอล ที่มีตัวทำละลายคือน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 4.00 มิลลิลิตร ค่าความเป็นกรดเบสอยู่ระหว่าง 4-5 ทำการสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 110 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน แล้วทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ (รายละเอียดการทดลองตามหัวข้อ 3.3.1) สารประกอบโคออร์ดิเนชันพอลิเมอร์ชนิดใหม่ที่สังเคราะห์ เมื่อสังเกตผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงพบว่ามีลักษณะผลึกเป็นดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ผลการบันทึกภาพถ่ายผลึกของแลนทาไนด์กับลิแกนด์ไฮดราไซด์ที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

จากการศึกษาหัวข้อการสังเคราะห์สารประกอบโคออร์ดิเนชันพอลิเมอร์ ที่อุณหภูมิต่ำของ1-6 ผลึกที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะและสีที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงสุด ผลึกที่ได้จากลิแกนด์ *p*-BrBzz ทั้งโลหะยูโรเพียมและเทอร์เบียมมีลักษณะผลึกเป็นแบบแผ่น (Plate) ไม่มีสี ส่วนลิแกนด์ *p*-ClBzz ของโลหะยูโรเพียมมีลักษณะผลึกแบบเข็ม (Rod) ไม่มีสี โลหะเทอร์เบียมมีลักษณะเป็นแบบแผ่น (Plate) มีสีขาว และลิแกนด์ *p*-NOBzz ของโลหะยูโรเพียมและเทอร์เบียมได้ผลึกที่มีลักษณะแบบบล็อก (Block) สีเหลือง

4.2 สังเคราะห์โครงข่ายโลหะอินทรีย์ที่อุณหภูมิสูง ด้วยวิธี ไฮโดรเทอร์มอล (Hydrothermal synthesis)

งานวิจัยนี้ศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติของสารประกอบโคออร์ดิเนชันพอลิเมอร์ ที่การสังเคราะห์ได้จากโลหะแลนทาไนด์ (ยูโรเพียม (Eu) เทอร์เบียม (Tb)) กับลิแกนด์ไฮดราไซด์ (*p*-BrBzz, *p*-ClBzz, *p*-NOBzz) สังเคราะห์โดยวิธีไฮโดรเทอร์มอลที่อุณหภูมิ 145 และ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำผลึกที่ได้มาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ (รายละเอียดการทดลองตามหัวข้อ 3.3.2) สารประกอบโคออร์ดิเนชันพอลิเมอร์ชนิดใหม่ที่สังเคราะห์ เมื่อสังเกตผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงพบว่ามีลักษณะผลึกเป็นดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ผลการบันทึกภาพถ่ายผลึกของแลนทาไนด์กับลิแกนด์ไฮดราไซด์ที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

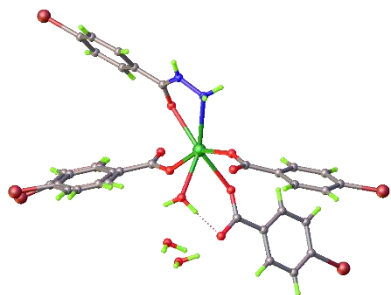
จากการศึกษาหัวข้อการสังเคราะห์สารประกอบโคออร์ดิเนชันพอลิเมอร์ ที่อุณหภูมิสูงของ **7-12** พบว่าลักษณะผลึกที่ได้ของผลึกที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะและสีที่แตกต่างกันตามชนิดของลิแกนด์ โดยผลึกที่ได้จากลิแกนด์ *p*-BrBzz ทั้งโลหะยูโรเพียมและเทอร์เบียมมีลักษณะผลึกเป็นแบบ Plate ไม่มีสี ส่วนลิแกนด์ *p*-ClBzz ของโลหะยูโรเพียมมีลักษณะผลึกแบบ เข็ม (Rod) ไม่มีสี โลหะเทอร์เบียมมีลักษณะเป็นแบบแผ่น (Plate) สีขาว และลิแกนด์ *p*-NOBzz ของโลหะยูโรเพียมและเทอร์เบียมได้ผลึกที่มีลักษณะแบบเข็ม (Rod) และ บล็อก (Block) ตามลำดับ และมีสีเหลืองซึ่งขนาดของผลึกที่ได้จะแตกต่างกันออกไป โดยขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์ซึ่งสารแต่ละตัวใช้ระยะเวลาในการเกิดที่แตกต่างกัน โดยระยะเวลาเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อขนาดผลึกที่ได้

4.3 วิเคราะห์องค์ประกอบของโครงสร้างผลึก

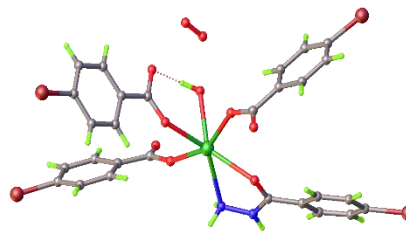
4.3.1 วิเคราะห์โครงสร้างของผลึกที่สังเคราะห์ได้ด้วย เทคนิค Single Crystal X-ray Diffraction

งานวิจัยนี้วิเคราะห์หาโครงสร้างทางเคมีของผลึกที่สังเคราะห์ได้จากโลหะแลนทาไนด์ (ยูโรเพียม (Eu) เทอร์เบียม (Tb)) โดยมีไฮดราไซด์เป็นลิแกนด์ ซึ่งลิแกนด์ไฮดราไซด์ที่ใช้ทั้งหมด 3 ชนิด (*p*-BrBzz), *p*-ClBzz (*p*-NOBzz)) โดยเมื่อนำสารประกอบที่ได้มาวิเคราะห์โครงสร้างด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ผ่านผลึกเดี่ยว (SC-XRD) และนำข้อมูลที่ได้มาตรวจหาโครงสร้างผลึกด้วยโปรแกรม Olex2 ทำให้ได้แบบจำลองโครงสร้าง ดังแสดงดังแสดงในรูปที่ **4.3** และเอกลักษณ์ของสารประกอบโคออร์ดิเนชันพอลิเมอร์ทั้ง 12 ชนิดดังแสดงในตารางที่ **4.1-4.2**

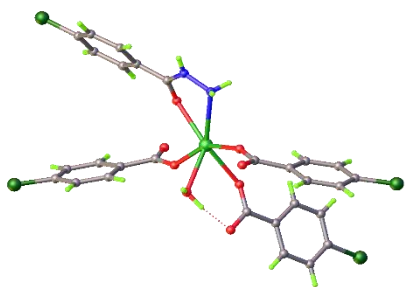
(ก)



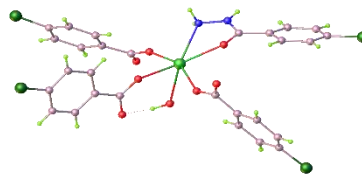
(ข)



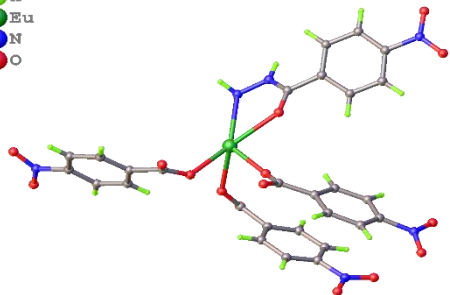
(ค)



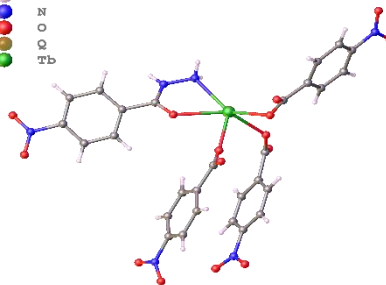
(ง)

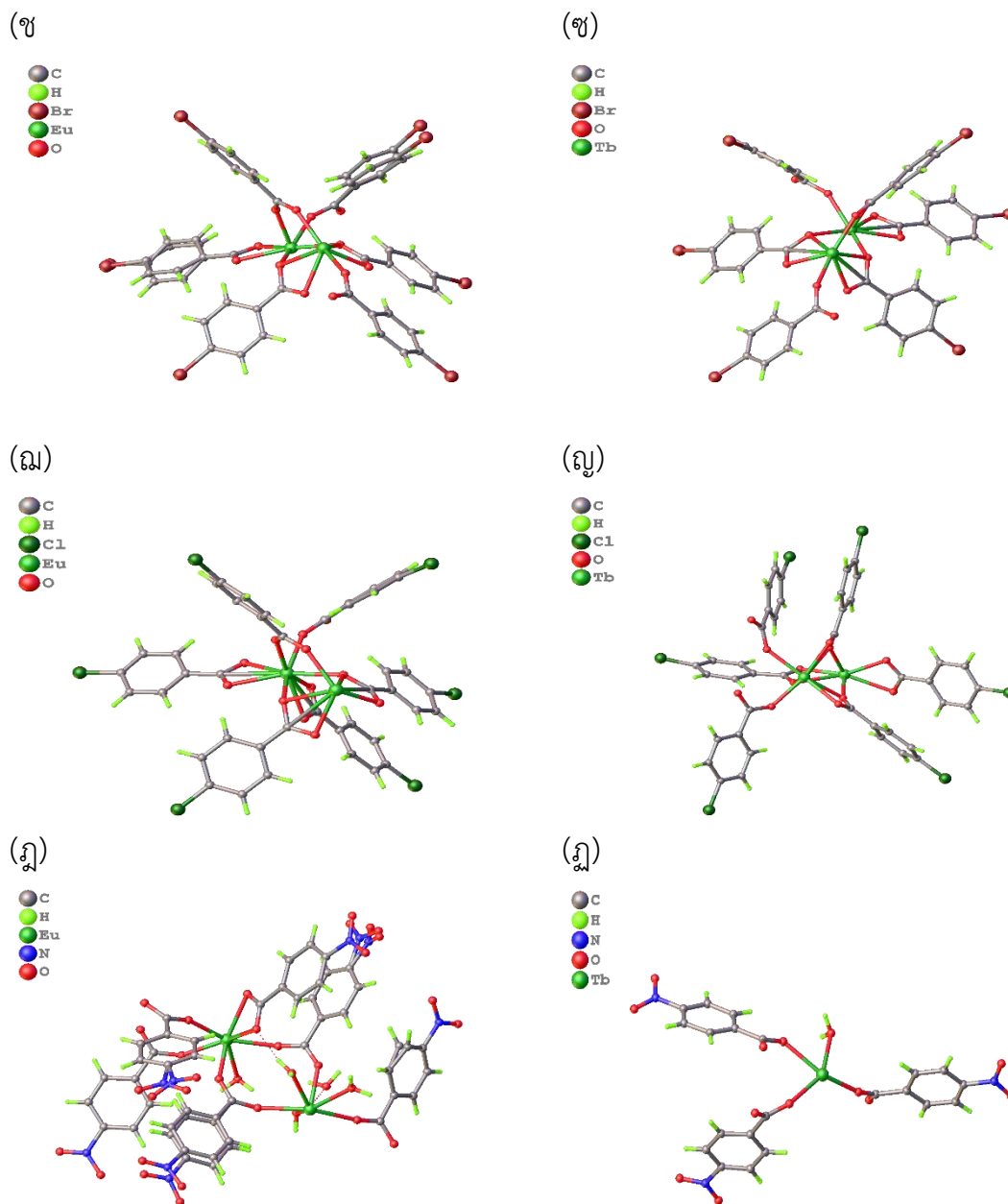


(จ)



(ฉ)





รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะของผลึกสารประกอบโคออร์ดิเนชันพอลิเมอร์ชนิดใหม่ (ก)1, (ข)2, (ค)3, (ง)4, (จ)5, (ฉ)6, (ช)7, (ซ)8, (ณ)9, (ญ)10, (ฎ)11, และ (ฏ)12

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ผ่านผลึกเดี่ยวของ 1-6

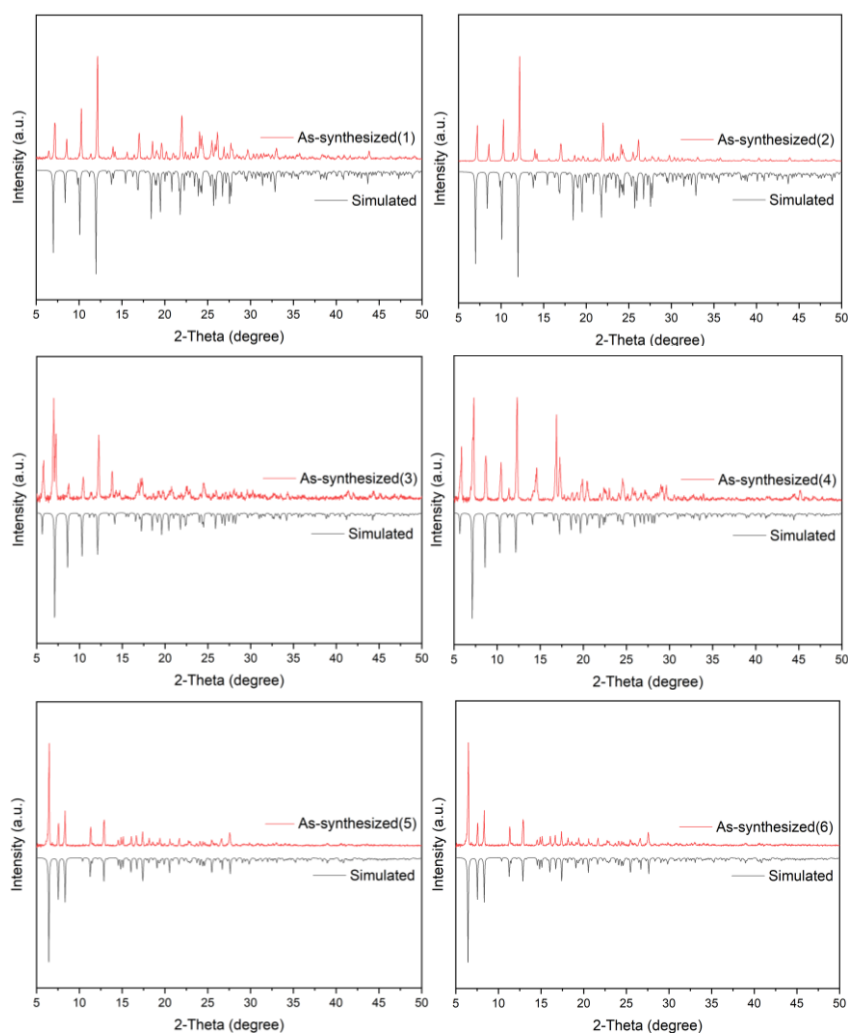
	1	2	3
Chemical formula	C ₂₈ H ₂₃ Br ₄ EuN ₂ O ₉	C ₂₈ H ₂₁ Br ₄ N ₂ O _{9.3} Tb	C ₂₈ H ₂₁ Cl ₄ EuN ₂ O ₈
Formula weigh	1003.08	1012.83	807.23
Crystal system	monoclinic	monoclinic	monoclinic
Space group	<i>P2₁/c</i>	<i>P2₁/c</i>	<i>P2₁/c</i>
<i>a</i> (Å)	15.7830(4)	15.7666(5)	15.6325(9)
<i>b</i> (Å)	21.0801(7)	21.0880(6)	20.5274(12)
<i>c</i> (Å)	9.9434(3)	9.9201(2)	9.9004(5)
α (°)	90	90	90
β (°)	93.1930(10)	93.0390(10)	93.220(2)
γ (°)	90	90	90
<i>V</i> (Å ³)	3303.10(17)	3293.66(16)	3172.0(3)
<i>Z</i>	4	4	4
	4	5	6
Chemical formula	C ₂₈ H ₂₁ Cl ₄ N ₂ O ₈ Tb ₂	C ₂₈ H ₁₉ EuN ₆ O ₁₅	C ₂₈ H ₁₉ N ₆ O ₁₅ Tb
Formula weigh	814.19	831.45	831.45
Crystal system	monoclinic	monoclinic	monoclinic
Space group	<i>P2₁/c</i>	<i>P2₁/c</i>	<i>P2₁/c</i>
<i>a</i> (Å)	15.5663(6)	15.885(5)	15.9037(18)
<i>b</i> (Å)	20.5550(8)	9.261(3)	9.2937(10)
<i>c</i> (Å)	9.8639(4)	21.472(7)	21.485(3)
α (°)	90	90	90
β (°)	93.1280(10)	99.510(10)	99.438(4)
γ (°)	90	90	90
<i>V</i> (Å ³)	3151.4(2)	3115.5(17)	3132.6(6)
<i>Z</i>	4	4	4

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ผ่านผลึกเดี่ยวของ
7-12

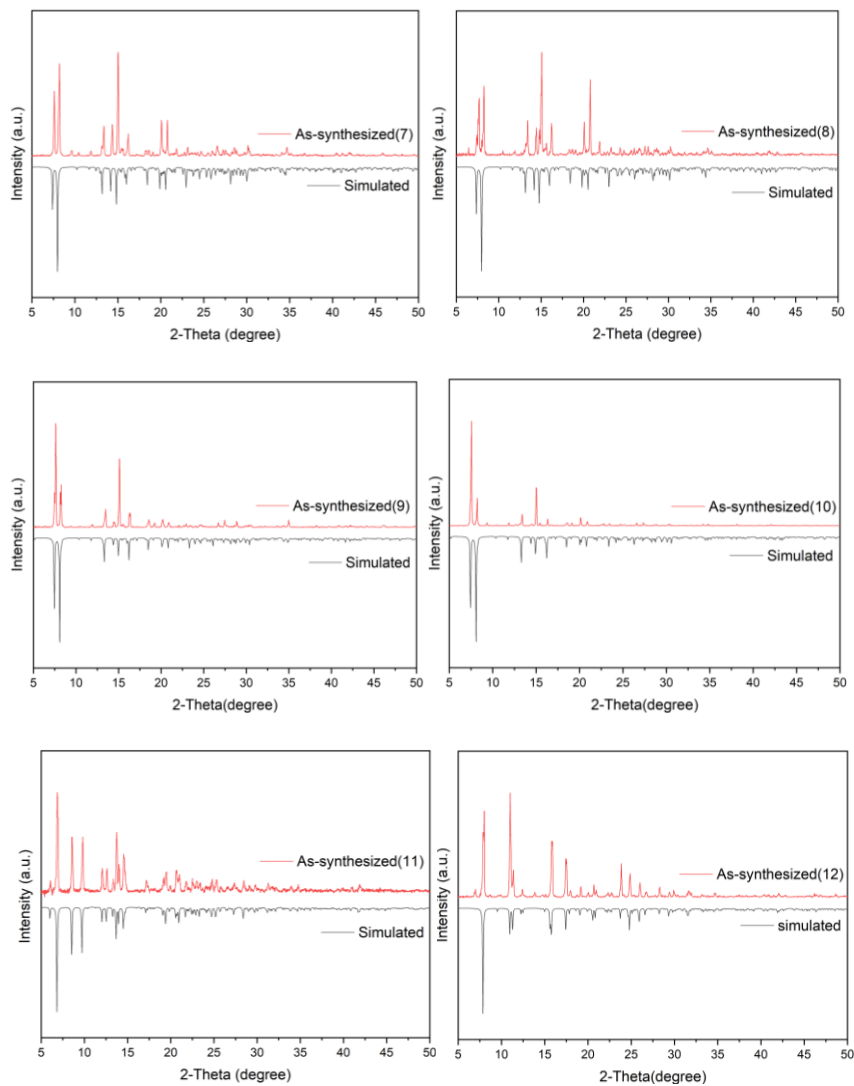
	7	8	9
Chemical formula	$C_{42}H_{24}Br_6Eu_2O_{12}$	$C_{42}H_{24}Br_6O_{12}Tb_2$	$C_{42}H_{24}Cl_6Eu_2O_{12}$
Formula weigh	1503.99	1517.91	1237.23
Crystal system	monoclinic	monoclinic	monoclinic
Space group	$P2_1/n$	$P2_1/n$	$P2_1/n$
a (Å)	7.5774(10)	7.5202(3)	7.5230(30)
b (Å)	24.982(3)	24.9768(12)	24.6122(9)
c (Å)	23.996(3)	24.0927(11)	23.7471(8)
α (°)	90	90	90
β (°)	95.918(4)	95.6840(10)	95.0820(10)
γ (°)	90	90	90
V (Å ³)	4518.1(10)	4503.1(3)	4379.7(3)
Z	4	4	4
	10	11	12
Chemical formula	$C_{42}H_{24}Cl_6O_{12}Tb_2$	$C_{42}H_{34}Eu_2N_6O_{29}$	$C_{21}H_{14}N_3O_{13}Tb$
Formula weigh	1251.15	1390.67	675.27
Crystal system	monoclinic	triclinic	monoclinic
Space group	$P2_1/n$	$P-1$	$P2_1/c$
a (Å)	7.4585(3)	9.4216(2)	9.2816(3)
b (Å)	24.5858(10)	15.4331(4)	16.1195(5)
c (Å)	23.8093(10)	18.9099(5)	15.6618(5)
α (°)	90	75.4960(10)	90
β (°)	94.836(2)	80.6370(10)	91.4760(10)
γ (°)	90	77.8350(10)	90
V (Å ³)	4350.4(3)	2584.57(11)	2342.46(13)
Z	4	2	4

4.3.2 วิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของผลึกด้วย เทคนิค Powder X-ray Diffraction; P-XRD

ในงานวิจัยนี้ ได้ศึกษาวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ผ่านผงตัวอย่าง (Powder X-ray diffraction; P-XRD) สารประกอบโคออร์ดิเนชันพอลิเมอร์ทั้ง 12 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 4.4-4.5 พิกของสารประกอบที่สังเคราะห์ขึ้นทั้งหมด เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับพิกที่ได้จากการจำลองจากเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ผ่านผลึกเดี่ยว (SC-XRD) จะพบว่าพิกมีลักษณะตรงกันนั้นแสดงถึง สารประกอบโคออร์ดิเนชันพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นมีความบริสุทธิ์



รูปที่ 4.4 แสดงข้อมูลที่ได้จากเทคนิค Powder X-ray diffraction เทียบกับ Simulated ของ 1-6



รูปที่ 4.5 แสดงข้อมูลที่ได้จากเทคนิค เทคนิค Powder X-ray diffraction เทียบกับ Simulated ของ 7-12

4.3.3 วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของผลึกที่ได้ด้วย เทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy

งานวิจัยนี้ศึกษาการทดสอบหมู่ฟังก์ชันโดยเทคนิค ฟลูเรียร์ทรานซฟอร์ม อินฟราเรด สเปกโตรสโคปี (Fourier Transform Infrared Spectroscopy; FT-IR) ของสารประกอบโคออร์ดิเนชันพอลิเมอร์ ทั้ง 12 ตัว ดังนี้ $[\text{Eu}_2(\text{BrBz})_9]$ (1), $[\text{Tb}_2(\text{BrBz})_9]$ (2), $[\text{Eu}_2(\text{ClBzz})(\text{ClBz})_3\text{H}_2\text{O}]$ (3), $[\text{Tb}_2(\text{ClBzz})(\text{ClBz})_3\text{H}_2\text{O}]$ (4), $[\text{Eu}_2(\text{NOBzz})(\text{NOBz})_3]$ (5), $[\text{Tb}_2(\text{NOBzz})(\text{NOBz})_3]$ (6), $[\text{Eu}_2(\text{BrBz})_9]$ (7), $[\text{2}(\text{BrBz})_9]$ (8), $[\text{Eu}_2(\text{ClBz})_9]$ (9), $[\text{Tb}_2(\text{ClBz})_9]$ (10), $[\text{Eu}_2(\text{NOBz})_3(\text{H}_2\text{O})_2]$ (11), $[\text{Tb}_2(\text{NOBz})_3(\text{H}_2\text{O})_2]$ (12) ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ผลจากการทดสอบพบว่า

N-H Stretching ปรากฏพีกในช่วงเลขคลื่น 3300-3500 cm^{-1}

O-H Stretching ที่ช่วงเลขคลื่น 3350-3200 cm^{-1}

C-H Bending ที่ช่วงเลขคลื่น 900-680 cm^{-1}

C-Cl Stretching ที่ช่วงเลขคลื่น 840-600 cm^{-1}

N-O Stretching ที่ช่วงเลขคลื่น 1550-1500 cm^{-1}

สาร1 พบเลขคลื่นที่ 3490(W), 3306(W), 3207(W), 2396(W), 2043(W), 1982(W), 1929(W), 1641(W), 1588(S), 1533(S), 1484(M), 1460(M), 1408(S), 1388(S), 1300(M), 1277(M), 1178(M), 1144(M), 1107(M), 1067(S), 103(M), 1010(S), 966(M), 879(M), 843(S), 803(M), 771(S), 705(M), 658(M), 621(M), 545(S), และ 483(S) cm^{-1}

สาร2 พบเลขคลื่นที่ 3821(W), 3482(W), 3306(W), 3209(W), 3040(W), 2341(W), 2273(W), 2043(W), 1981(W), 1638(M), 1588(S), 1535(S), 1485(M), 1460(M), 1409(S), 1389(S), 1278(M), 1175(M), 1106(M), 1086 (M), 1068(S), 1011(S), 879(M), 844(S), 805(M), 771(S), 704(M), 682 (M), 667(M), 623(M), 546(S), และ 484(S) cm^{-1}

สาร3 พบเลขคลื่นที่ 3846(W), 3697(W), 3302(S), 2993(W), 2908(W), 2387(W), 2101(W), 1977(W), 1678(M), 1657(S), 1637(S), 1590(S), 1525(S), 1483(S), 1403(M), 1370(M), 1292(M), 1277(M), 1262(M), 1177(W), 1144(M), 1088(S), 1011(M), 907(M), 881(W), 858(M), 841(M), 800(W), 776(M), 751(S), 721(W), 671(W), 603(M), 567(M), 523(S), 498(M), และ 445(M) cm^{-1}

สาร**4** พบเลขคลื่นที่ 3778(W), 3309(M), 3208(M), 3013(M), 2873(W), 2387(W), 2287(W), 2098(W), 1909(W), 1659(W), 164(M), 1593(S), 1551(S), 1485(M), 1414(M), 1396(M), 1342(S), 1283(W), 1178(W), 1114(M), 1093(S), 1012(M), 986(M), 881(M), 839(S), 776(M), 731(S), 718(M), 675(S), 624(M), 533(S), 503(M), 474(W), และ 446(S) cm^{-1}

สาร**5** พบเลขคลื่นที่ 3388(W), 3312(W), 3207(W), 3112(W), 2387(W), 2288(W), 2119(W), 1658(W), 1613(M), 1584(M), 1562(M), 1513(S), 1468(M), 1406(S), 1343(S), 1318(M), 1302(M), 1186(W), 1106(M), 1061(W), 1014(M), 943(M), 866(M), 848(M), 827(S), 794(W), 724(S), 644(W), 618(W), 564(W), 510(S), และ 427(W) cm^{-1}

สาร**6** พบเลขคลื่นที่ 3311(M), 3048(W), 2846(W), 2448(W), 2308(W), 2118(W), 1948(W), 1813(W), 1644(W), 1616(M), 1593(S), 1508(S), 1409(M), 1342(S), 1317(M), 1302(M), 1187(M), 1105(S), 1014(W), 979(W), 931(S), 864(M), 848(M), 827(M), 793(M), 726(S), 68(M), 605(M), 54(W), 504(S), และ 422(W) cm^{-1}

สาร**7** พบเลขคลื่นที่ 2659(W), 2357(W), 2341(W), 2113(W), 1931(W), 1676(W), 1585(S), 1521(S), 1486(W), 1401(S), 1381(M), 1303(W), 1278(M), 1173(M), 1139(M), 1107(W), 1068(S), 1011(S), 851(S), 768(S), 712(M), 685(M), 626(W), 534(M), และ 488(S) cm^{-1}

สาร**8** พบเลขคลื่นที่ 3101(W), 2659(W), 2275(W), 2040(W), 1980(W), 1677(W), 1585(S), 1520(S), 1486(M), 1401(S), 1383(M), 1304(W), 1278(M), 1174(M), 1140(M), 1108(W), 1068(S), 1011(S), 854(S), 768(S), 714(M), 685(M), 626(W), 566(W), 536(W), 489(S), และ 464(W) cm^{-1}

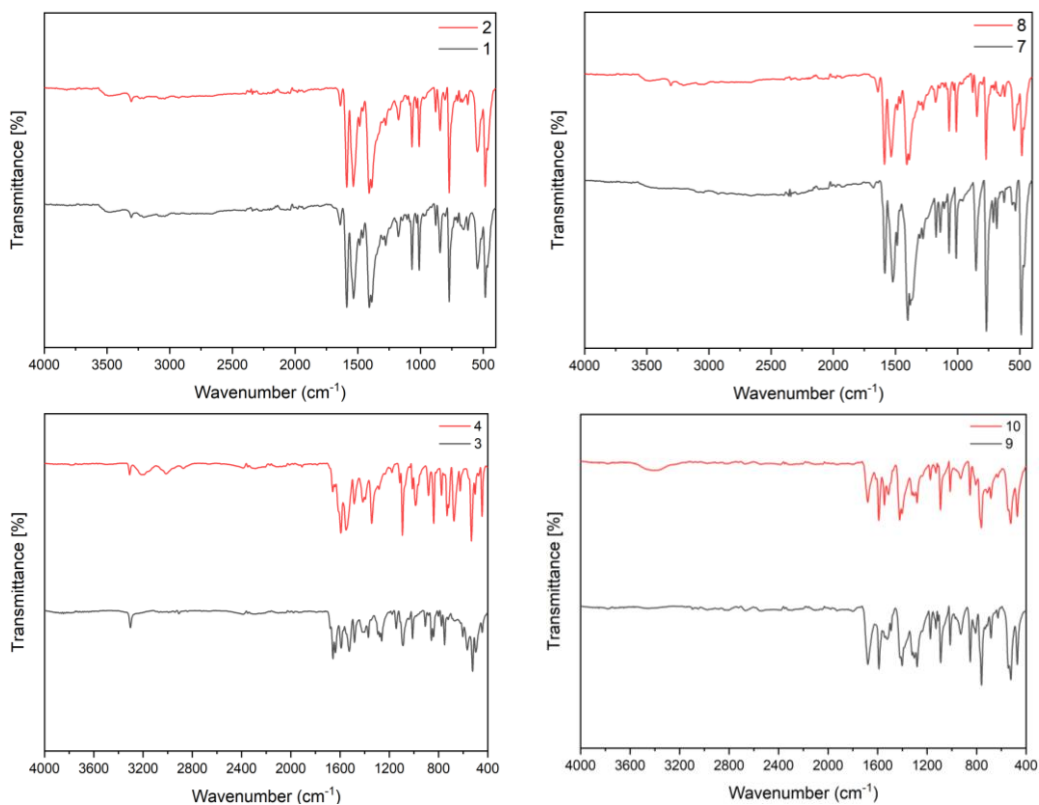
สาร**9** พบเลขคลื่นที่ 3782(W), 3446(W), 3094(W), 2979(W), 2811(W), 2664(W), 2548(W), 2290(W), 2101(W), 1797(W), 1679(S), 1589(S), 1521(W), 1491(W), 1402(S), 1320(M), 1304(M), 1281(S), 1174(M), 1128(M), 1110(W), 1090(S), 1013(S), 928(M), 851(S), 808(M), 760(S), 684(M), 628(W), 543(M), 523(S), และ 471(S) cm^{-1}

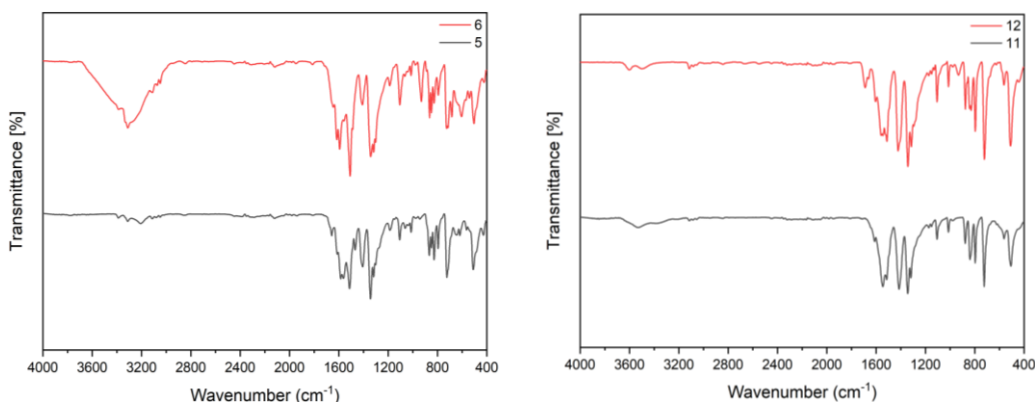
สาร**10** พบเลขคลื่นที่ 3782(W), 3416(M), 2836(W), 2672(W), 2385(W), 2292(W), 2099(W), 1929(W), 1680(S), 1590(S), 1545(S), 1512(M), 1421(S), 1402(M), 1321(M), 1305(M),

1281(S), 1174(M), 1129(W), 1111(W), 1092(S), 1013(M), 929(M), 853(M), 806(W), 761(S),
714(M), 685 628(W), 524(S), และ 471(S) cm^{-1}

สาร**11** พบเลขคลื่นที่ 3846(W), 3530(M), 3115(W), 2322(W), 2114(W), 1612(W), 1545(S),
1514(M), 1414(S), 1343(S), 1318(S), 1173(W), 1150(M), 1106(M), 1013(M), 877(M), 839(S),
796(S), 723(S), 562(W), และ 507(S) cm^{-1}

สาร**12** พบเลขคลื่นที่ 3602(W), 3499(W), 3115(W), 2843(W), 2323(W), 2080(W),
1689(M), 160(M), 1544(M), 1512(S), 1422(S), 1342(S), 1314(M), 1173(W), 1150(W), 1129(W),
1106(S), 1013(M), 978(W), 932(W), 876(M), 842(M), 829(M), 796(S), 722(S), 563(M), 510(S),
และ 443(W) cm^{-1} ดังแสดงในรูปที่ 4.6





รูปที่ 4.6 แสดงข้อมูลที่ได้จากเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) ของ 1-12

4.4 วิเคราะห์คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

3.4.1 วิเคราะห์คุณสมบัติทางความร้อนของผลิตภัณฑ์ด้วย เทคนิค Thermogravimetric Analysis

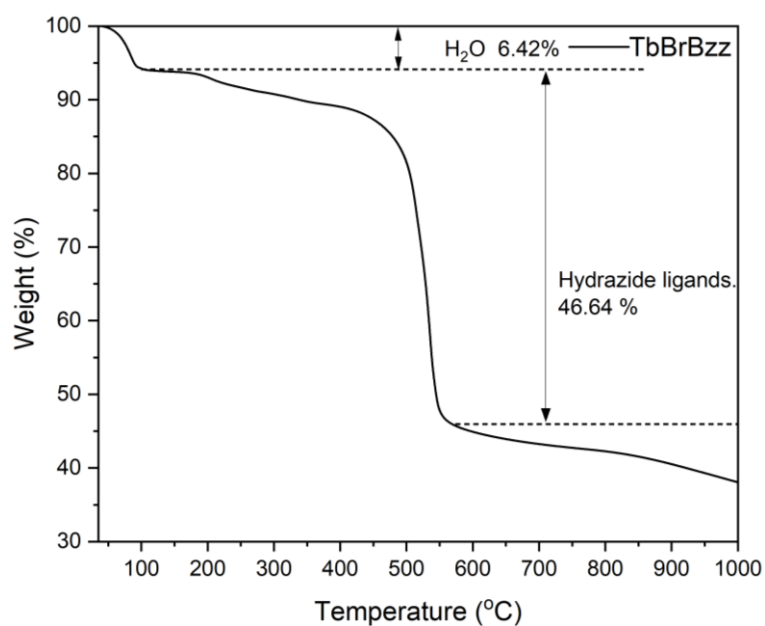
จากการทดสอบความเสถียรของสารประกอบโคออร์ดิเนชันพอลิเมอร์ชนิดใหม่ เมื่อได้รับความร้อนที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงอุณหภูมิ โดยอาศัยเทคนิค Thermogravimetric Analysis (TGA) ตั้งแต่ 30-1000 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน ดังแสดงในรูปที่ 4.7-4.9 พบว่า

สารประกอบโคออร์ดิเนชันพอลิเมอร์ลิแกนด์ *p*-BrBzz เกิดการสลายตัวครั้งที่ 1 ที่ช่วงอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ที่เป็นการสลายตัวของโมเลกุลตัวทำละลายน้ำและลิแกนด์จำนวน 0.5 โมเลกุลภายในรูปพูน(cal=6.71%, Exp=6.42%) ในครั้งที่ 2 เกิดการสลายตัวที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เกิดการสลายตัวของลิแกนด์ 4 โมเลกุลทำให้โครงสร้างของสารประกอบโคออร์ดิเนชันพอลิเมอร์ถูกทำลาย (cal=46.30%, Exp=46.64%)

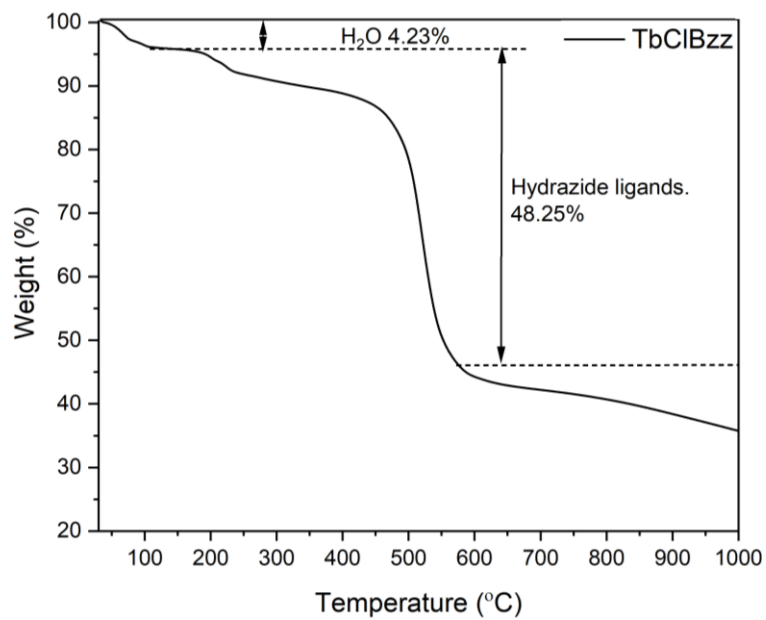
สารประกอบโคออร์ดิเนชันพอลิเมอร์ลิแกนด์ *p*-ClBzz เกิดการสลายที่ 2 ช่วงอุณหภูมิ ได้แก่ 100 และ 574 องศาเซลเซียส ช่วงที่ 1 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นการสลายตัวของโมเลกุลตัวทำ

ละลายน้ำและลิแกนด์จำนวน 0.5 โมเลกุลภายในรูปพรีน(cal=4.93%, Exp=4.23%) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นถึง 574 องศาเซลเซียสลิแกนด์หลุดออกจำนวน 4.5 โมเลกุล (cal=46.98%, Exp=48.25%) เกิดการสลายตัวของโครงสร้าง

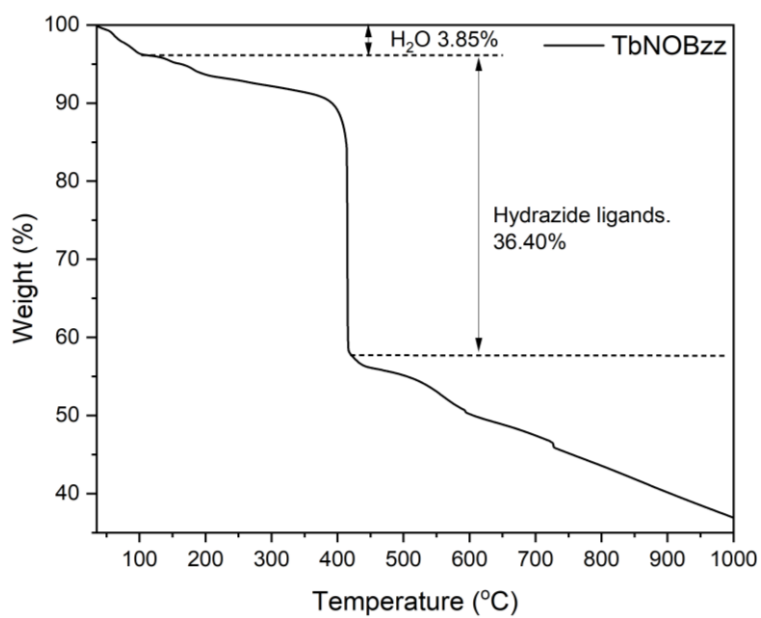
สารประกอบโคออร์ดิเนชันพอลิเมอร์ลิแกนด์ *p*-NOBzz เกิดการสลายที่ 2 ช่วงอุณหภูมิ ได้แก่ 100 และ 419 องศาเซลเซียส ที่ช่วงที่ 1 ที่อุณหภูมิ 100 เป็นการสลายตัวของโมเลกุลตัวทำละลายน้ำ 1 โมเลกุลภายในรูปพรีน(cal=2.67%, Exp=3.85%) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นถึง 419 โครงสร้างเกิดการสูญเสียเฟรมเวิร์กซึ่งเกิดจากลิแกนด์หลุดออกจากโมเลกุล 1.5 โมเลกุล (cal=33.32%, Exp=36.40%)



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของลิแกนด์ *p*-BrBzz (TGA curve)



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของลิแกนด์ *p*-ClBzz (TGA curve)

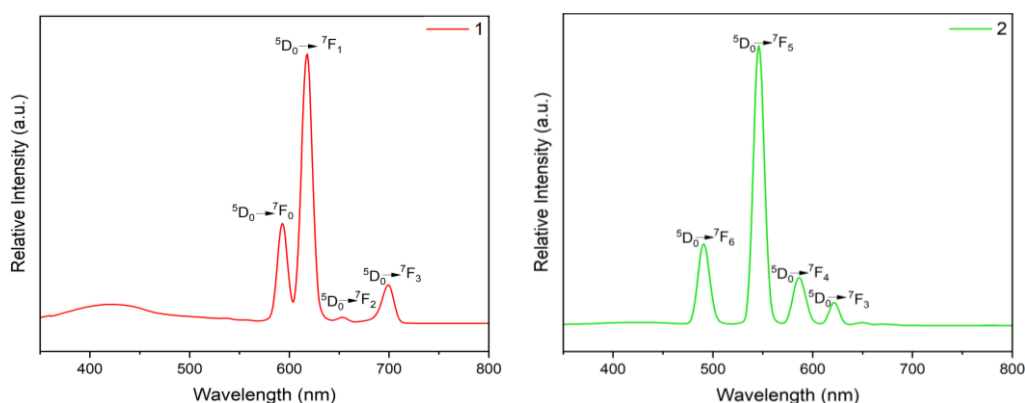


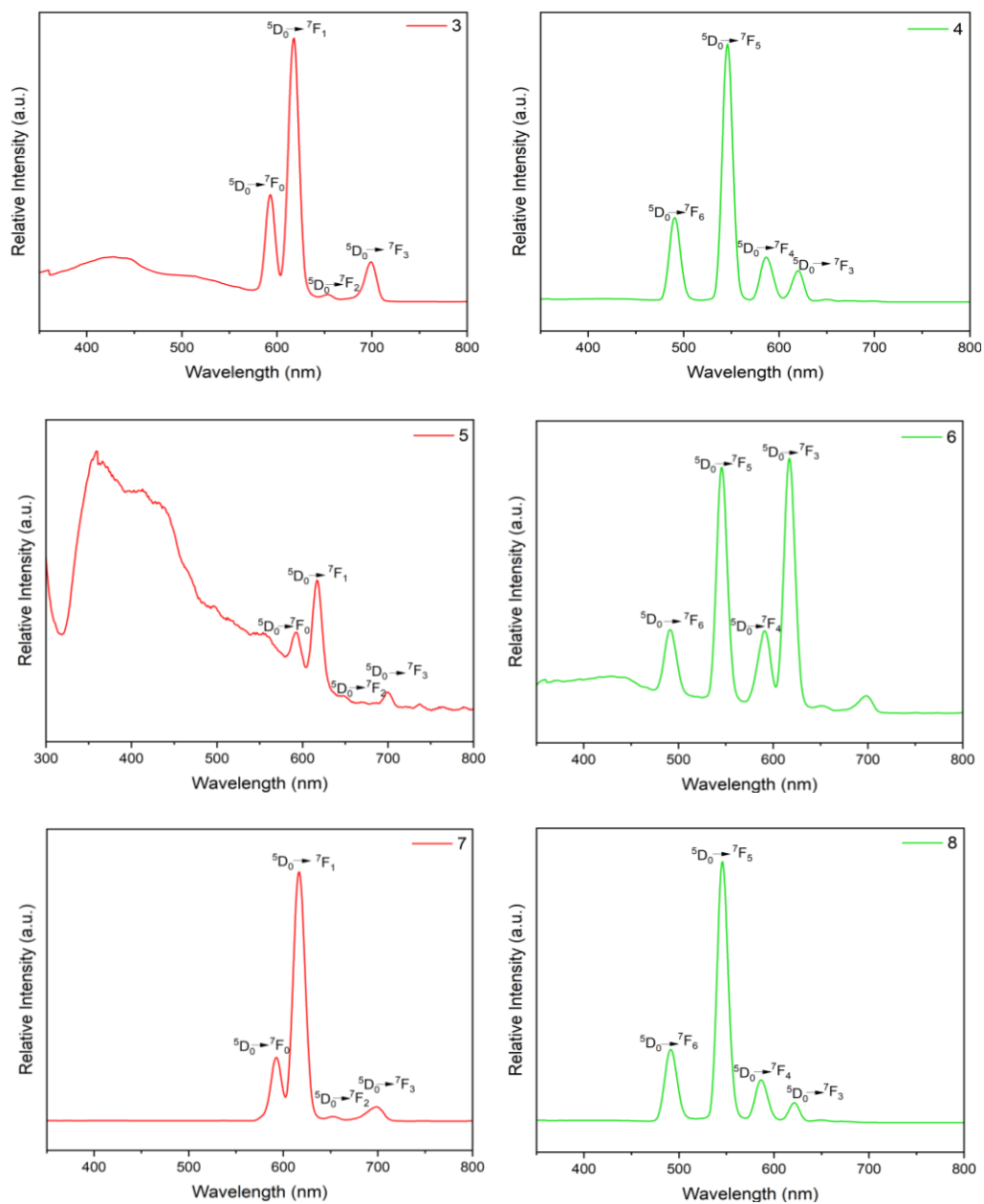
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของลิแกนด์ *p*-NOBzz (TGA curve)

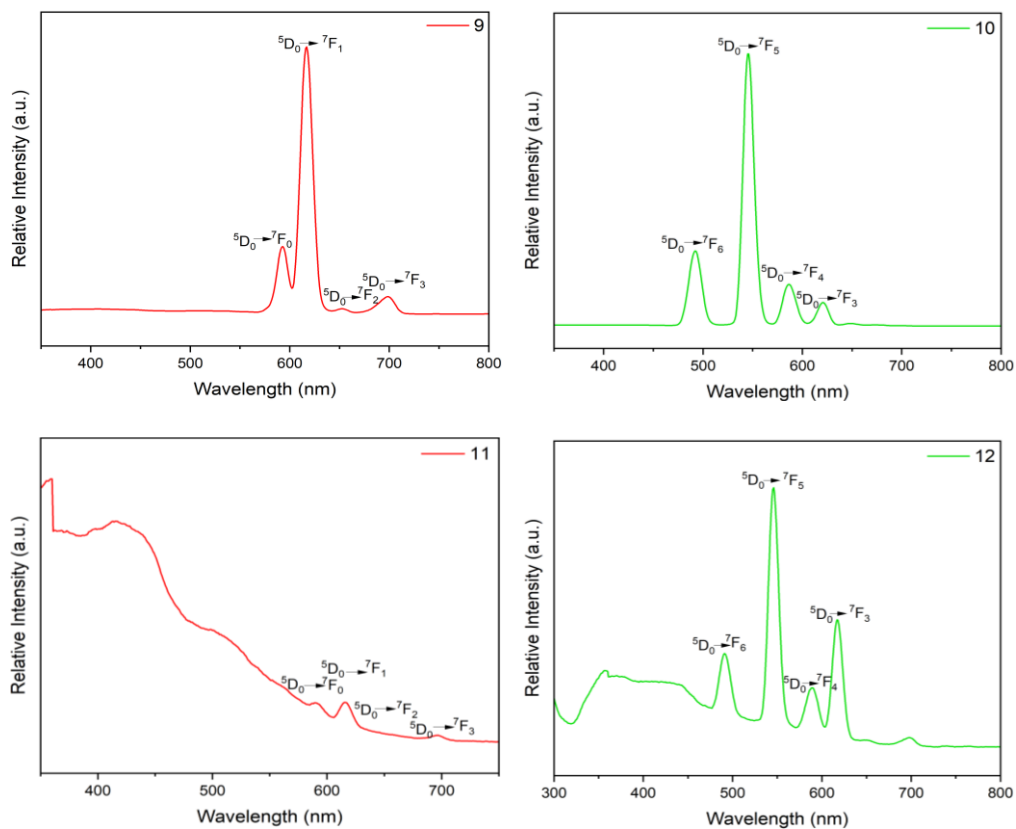
3.4.2 วิเคราะห์คุณสมบัติการเรืองแสง การวาวแสง ด้วยเทคนิค Photoluminescence Spectrophotometer (PL)

สารประกอบโคออร์ดิเนชันพอลิเมอร์ชนิดใหม่ ที่สังเคราะห์ขึ้นถูกนำมาศึกษาคุณสมบัติการเรืองแสงด้วยเทคนิค Photoluminescence Spectrophotometer (PL) เนื่องจากในโครงสร้างมีโลหะแลนทาไนด์และลิแกนด์ที่มีวงอะโรมาติกซึ่งมีคุณสมบัติการเรืองแสง จากการทดลองพบว่าโลหะยูโรเพียม (Eu) มีพีค 4 ตำแหน่ง ดังนี้ 592 617 652 และ 699 นาโนเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.10 ซึ่งให้พลังงานกระตุ้น (Excitation=280 nm) ที่ 280 นาโนเมตร ได้ความยาวคลื่นที่ปล่อยพลังงาน (Emission=617 nm) แล้วให้ความเข้มแสง (Intensity) สูงที่สุด ที่ 617 นาโนเมตร

สารประกอบโคออร์ดิเนชันพอลิเมอร์โลหะเทอร์เบียม (Tb) ได้พีค 4 ตำแหน่ง ดังนี้ 491 545 586 และ 621 นาโนเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.10 โดยใช้พลังงานกระตุ้น (Excitation=280 nm) เท่ากับ 280 นาโนเมตร ได้ความเข้มแสง (Intensity) ที่ถูกปล่อยออกมาสูงสุดที่ความยาวคลื่น 545 นาโนเมตร (Emission=545 nm) จากรูปภาพพบว่าสารประกอบโคออร์ดิเนชันพอลิเมอร์ที่มีโลหะแลนทาไนด์ตัวเดียวกัน แต่ได้ความเข้มแสง (Intensity) ที่แตกต่างกัน เนื่องจากปัจจัยที่ใช้ในการสังเคราะห์ เช่น ชนิดของลิแกนด์ อุณหภูมิ ระยะเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อ ความเสถียร ความบริสุทธิ์ และการเข้าทำปฏิกิริยาของสาร ซึ่งพบว่าสารที่พึงสังเคราะห์จะให้ปริมาณแสงที่ปล่อยออกมาสูงกว่าสารที่สังเคราะห์ไว้ก่อนหน้านี้







รูปที่ 4.10 แสดงรูปแบบผลการทดสอบการเรืองแสงของสารประกอบโคออร์ดิเนชันพอลิเมอร์ทั้ง 12 ตัว