

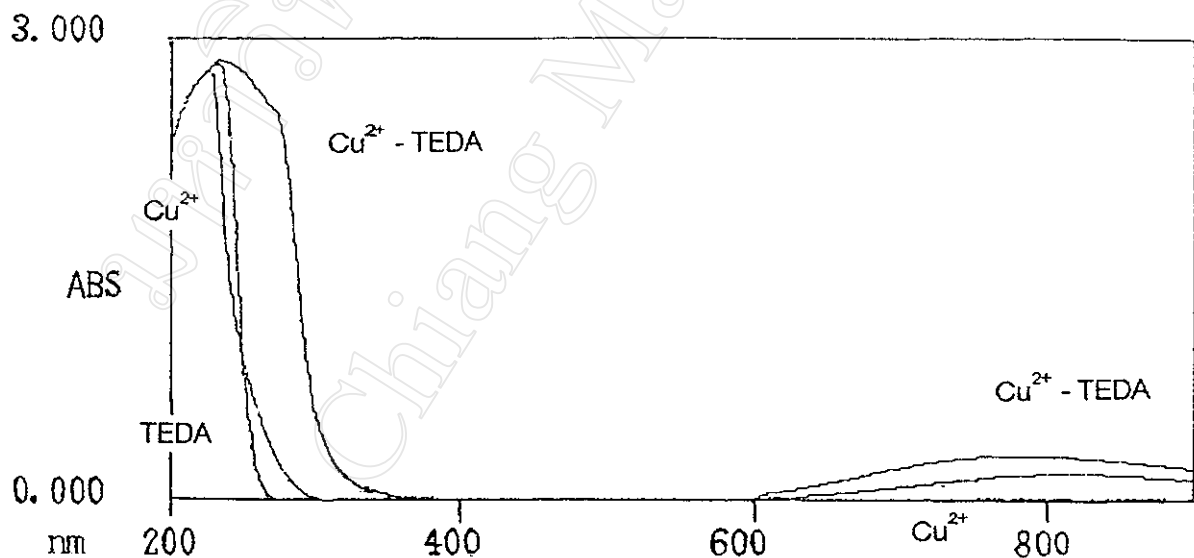
บทที่ 3

ผลการทดลอง

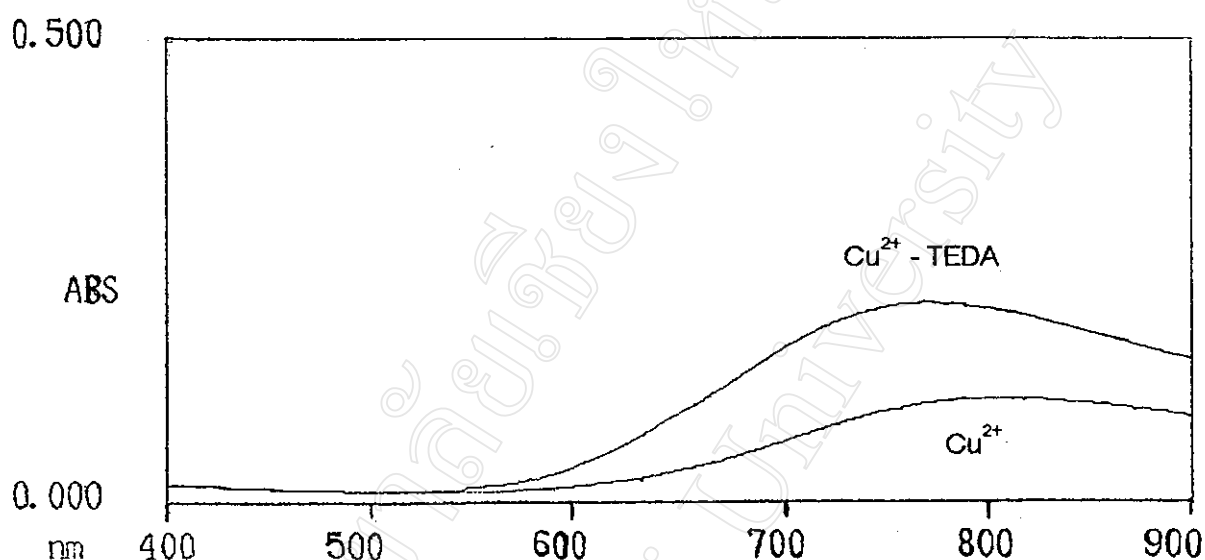
3.1 การหาความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุด (λ_{max}) และการสร้างกราฟมาตรฐานการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างไอออนโลหะกับไตรเอทิลีนไดอะมีน

3.1.1 สารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA

จากการนำสารละลายสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA pH 4 ที่ความเข้มข้น 1.00×10^{-2} M ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงเปรียบเทียบกับสารละลายไอออนโลหะ Cu^{2+} ที่ความเข้มข้น 1.00×10^{-2} M และสารละลาย TEDA ความเข้มข้น 4.00×10^{-2} M ในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 200 - 900 nm ได้สเปกตรัมการดูดกลืนแสงดังรูป 3.1 – 3.2

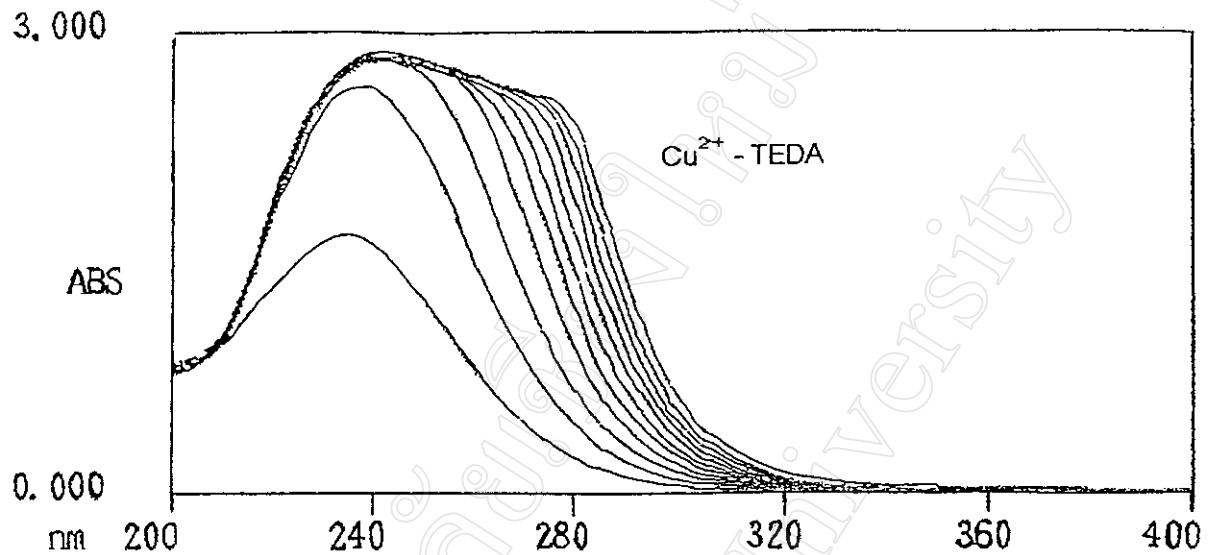


รูป 3.1 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA เปรียบเทียบกับสารละลายไอออนของโลหะ Cu^{2+} และสารละลาย TEDA ในช่วงความยาวคลื่น 200 - 900 nm

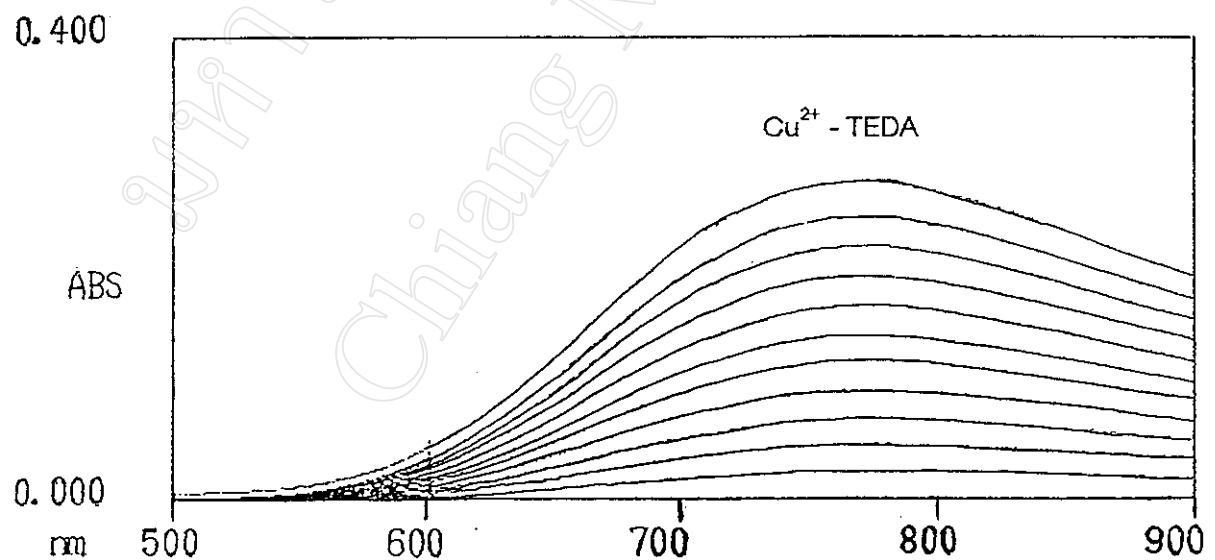


รูป 3.2 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA
เปรียบเทียบกับสารละลายไอออนของโลหะ Cu^{2+} ในช่วงความยาวคลื่น
400 - 900 nm

จากรูป 3.1 และ 3.2 จะเห็นว่าสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA เกิดขึ้นจริง โดยมีค่าการดูดกลืนแสงในช่วงสองความยาวคลื่น ได้แก่ ช่วง UV และช่วง VIS และมีค่าสูงกว่าสารละลายไอออนของโลหะ Cu^{2+} ที่ความเข้มข้นเดียวกัน ดังนั้นจึงเตรียมสารละลายของสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} กับ TEDA ที่ความเข้มข้น 1.00, 2.00, 3.00, 4.00, 5.00, 6.00, 7.00, 8.00, 9.00, 10.00, 11.00 และ 12.00 mM นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200 - 400 nm และช่วง 500 - 900 nm ได้สเปกตรัมการดูดกลืนแสงดังรูป 3.3 และ 3.4 ตามลำดับ โดยเรียงจากความเข้มข้นน้อยถึงมากจากเส้นในสุดมายังเส้นนอกสุด



รูป 3.3 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA ความเข้มข้น 1.00 – 2.00 mM ในช่วงความยาวคลื่น 200 - 400 nm โดยเรียงลำดับความเข้มข้นน้อยถึงมากจากเส้นในสุดมายังเส้นนอกสุด



รูป 3.4 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA ความเข้มข้น 1.00 – 12.00 mM ในช่วงความยาวคลื่น 500 - 900 nm โดยเรียงลำดับความเข้มข้นน้อยถึงมากจากเส้นในสุดมายังเส้นนอกสุด

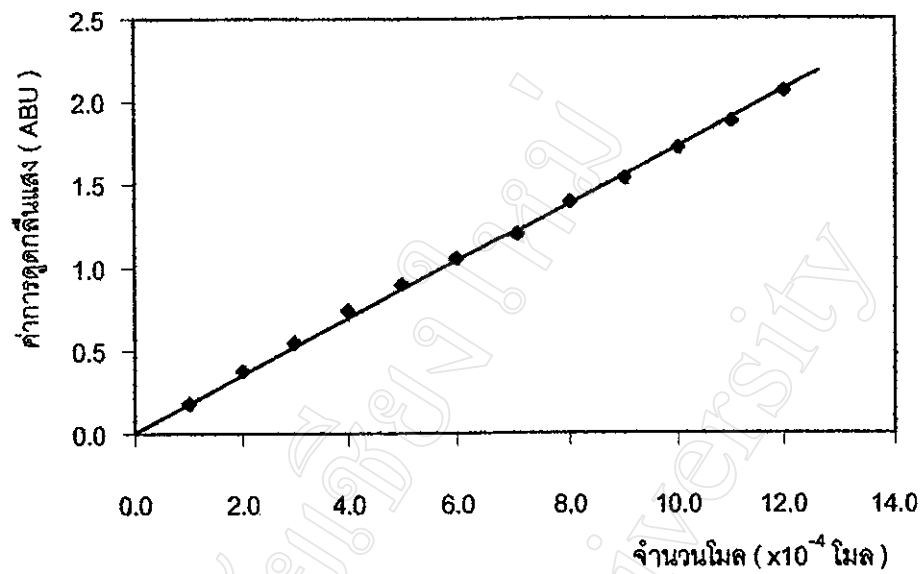
จากรูป 3.3 และ 3.4 จะเห็นว่าพีคของสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ทั้งสองช่วงความยาวคลื่นมีความยาวคลื่นที่เกิดการดูดกลืนแสงสูงสุดไม่แน่นอน จึงเลือกความยาวคลื่นที่มีแนวโน้มที่จะทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นสารประกอบเชิงซ้อนเป็นเส้นตรง คือที่มีความยาวคลื่น 285 nm ในช่วงแสง uv และมีความยาวคลื่น 770 nm ในช่วงแสง visible และใช้ความยาวคลื่นทั้งสองในการสร้างกราฟมาตรฐานซึ่งได้ผลดังตาราง 3.1 - 3.2 และรูป 3.5 - 3.6 ตามลำดับ

ตาราง 3.1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (ที่ความยาวคลื่น 285 nm)

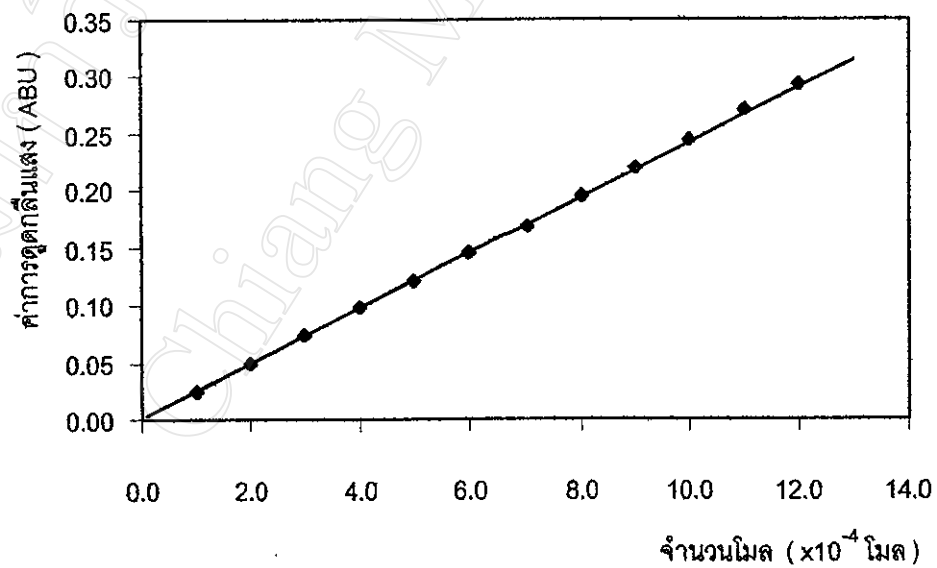
ความเข้มข้น สารประกอบ เชิงซ้อน ($\times 10^{-3}$ M)	จำนวนโมล สารประกอบ เชิงซ้อน ($\times 10^{-4}$ mol)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 285 nm			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1.00	1.00	0.187	0.188	0.188	0.188
2.00	2.00	0.381	0.380	0.380	0.380
3.00	3.00	0.551	0.550	0.549	0.550
4.00	4.00	0.736	0.736	1.736	0.736
5.00	5.00	0.894	0.895	0.895	0.895
6.00	6.00	1.052	1.053	1.051	1.052
7.00	7.00	1.202	1.202	1.203	1.202
8.00	8.00	1.392	1.392	1.393	1.392
9.00	9.00	1.540	1.541	1.541	1.541
10.00	10.00	1.720	1.718	1.717	1.718
11.00	11.00	1.879	1.880	1.882	1.880
12.00	12.00	2.063	2.062	2.062	2.062

ตาราง 3.2 ค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (ที่ความยาวคลื่น 770 nm)

ความเข้มข้น สารประกอบ เชิงซ้อน ($\times 10^{-3} \text{ M}$)	จำนวนโมล สารประกอบ เชิงซ้อน ($\times 10^{-4} \text{ mol}$)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 770 nm			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1.00	1.00	0.024	0.024	0.024	0.024
2.00	2.00	0.049	0.049	0.049	0.049
3.00	3.00	0.073	0.074	0.074	0.074
4.00	4.00	0.098	0.097	0.098	0.098
5.00	5.00	0.123	0.120	0.122	0.122
6.00	6.00	0.147	0.146	0.145	0.146
7.00	7.00	0.168	0.168	0.167	0.168
8.00	8.00	0.197	0.197	0.195	0.196
9.00	9.00	0.221	0.220	0.220	0.220
10.00	10.00	0.245	0.245	0.244	0.245
11.00	11.00	0.271	0.270	0.270	0.270
12.00	12.00	0.296	0.294	0.293	0.294



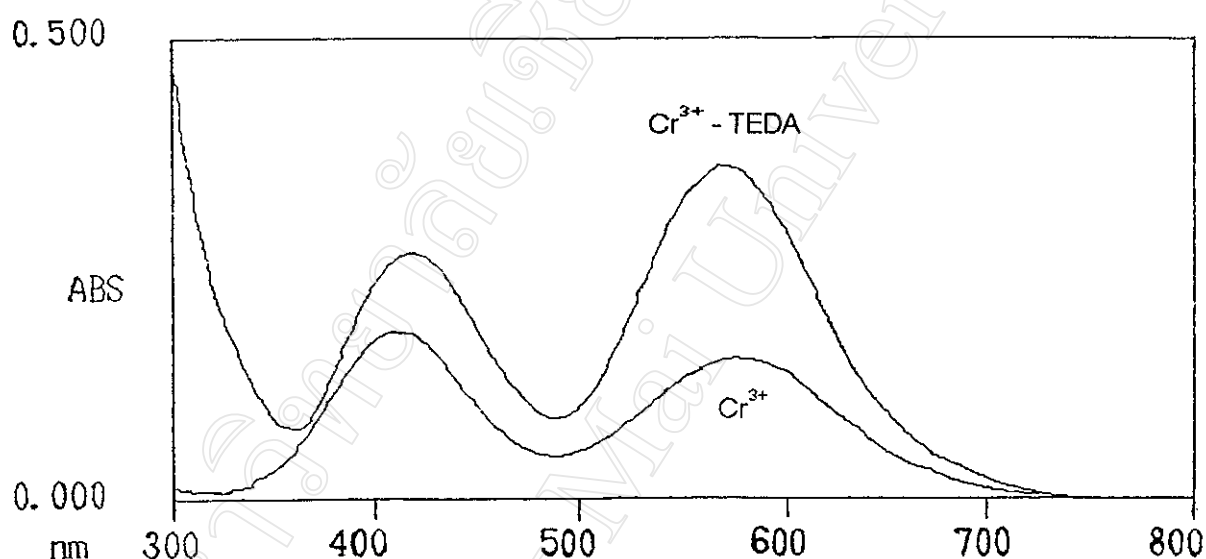
รูป 3.5 กราฟมาตรฐานการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA (ที่ความยาวคลื่น 285 nm)



รูป 3.6 กราฟมาตรฐานการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA (ที่ความยาวคลื่น 770 nm)

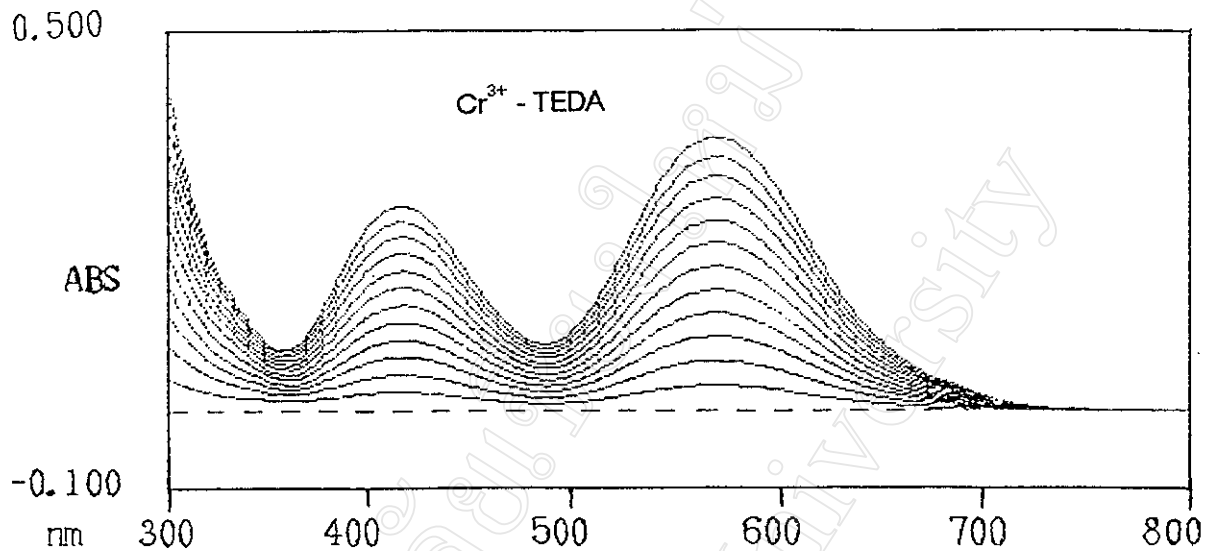
3.1.2 สารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} - TEDA

จากการนำสารละลายของสารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} - TEDA pH 4 ความเข้มข้น 1.00×10^{-2} M ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง เปรียบเทียบกับสารละลายไอออนของโลหะ Cr^{3+} ที่มีความเข้มข้น 1.00×10^{-2} M ในช่วงความยาวคลื่น 300 – 800 nm ได้สเปกตรัมการดูดกลืนแสง ดังรูป 3.7



รูป 3.7 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} - TEDA เปรียบเทียบกับสารละลายไอออนของโลหะ Cr^{3+} ในช่วงความยาวคลื่น 300 – 800 nm

จากรูป 3.7 จะเห็นว่า สารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} - TEDA เกิดขึ้นจริง โดยมีค่าการดูดกลืนแสงสูงกว่าของสารละลายไอออนโลหะ Cr^{3+} อย่างเห็นได้ชัดที่ความเข้มข้นเท่ากัน การนำสารละลายของสารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} - TEDA pH 4 ที่เกิดอย่างสมบูรณ์แล้วที่มีความเข้มข้น 1.00, 2.00, 3.00, 4.00, 5.00, 6.00, 7.00, 8.00, 9.00, 10.00, 11.00 และ 12.00 mM ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300 – 800 nm ได้สเปกตรัมการดูดกลืนแสงดังรูป 3.8 โดยเรียงลำดับความเข้มข้นน้อยถึงมากจากเส้นในสุดมายังเส้นนอกสุด

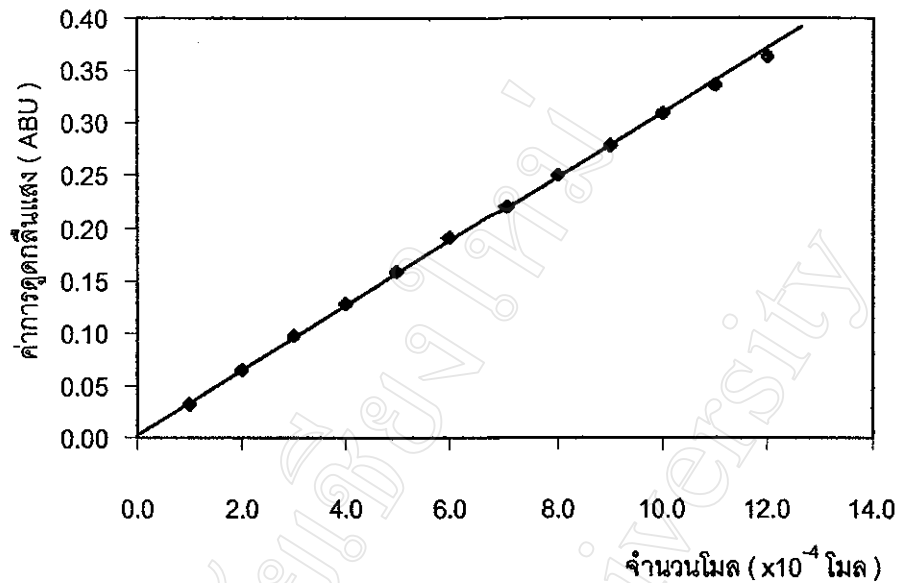


รูป 3.8 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} -TEDA ที่มีความเข้มข้น 1.00 – 12.00 mM ในช่วงความยาวคลื่น 300 - 800nm โดยเรียงลำดับความเข้มข้นน้อยถึงมากจากเส้นในสุดมายังเส้นนอกสุด

จากรูป 3.8 จะเห็นว่าพีคของสารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} -TEDA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงสูงสุดที่ใกล้เคียงกันมาก จึงเลือกความยาวคลื่นเดียวที่ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารประกอบเชิงซ้อนเป็นเส้นตรงได้แก่ ความยาวคลื่น 570 nm และจะใช้ความยาวคลื่น 570 nm ในการสร้างกราฟมาตรฐานการดูดกลืนแสงซึ่งจะได้ผลดังตาราง 3.3 และรูป 3.9 ตามลำดับ

ตาราง 3.3 ค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} - TEDA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ความยาวคลื่น 570 nm

ความเข้มข้น สารประกอบ เชิงซ้อน ($\times 10^{-3} \text{ M}$)	จำนวนโมล สารประกอบ เชิงซ้อน ($\times 10^{-4} \text{ mol}$)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 570 nm			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1.00	1.00	0.033	0.032	0.032	0.032
2.00	2.00	0.066	0.065	0.065	0.065
3.00	3.00	0.098	0.097	0.096	0.097
4.00	4.00	0.129	0.128	0.128	0.128
5.00	5.00	0.160	0.159	0.159	0.159
6.00	6.00	0.191	0.190	0.191	0.191
7.00	7.00	0.221	0.220	0.221	0.221
8.00	8.00	0.250	0.249	0.250	0.250
9.00	9.00	0.281	0.280	0.280	0.280
10.00	10.00	0.311	0.310	0.309	0.310
11.00	11.00	0.337	0.335	0.336	0.336
12.00	12.00	0.364	0.363	0.364	0.364

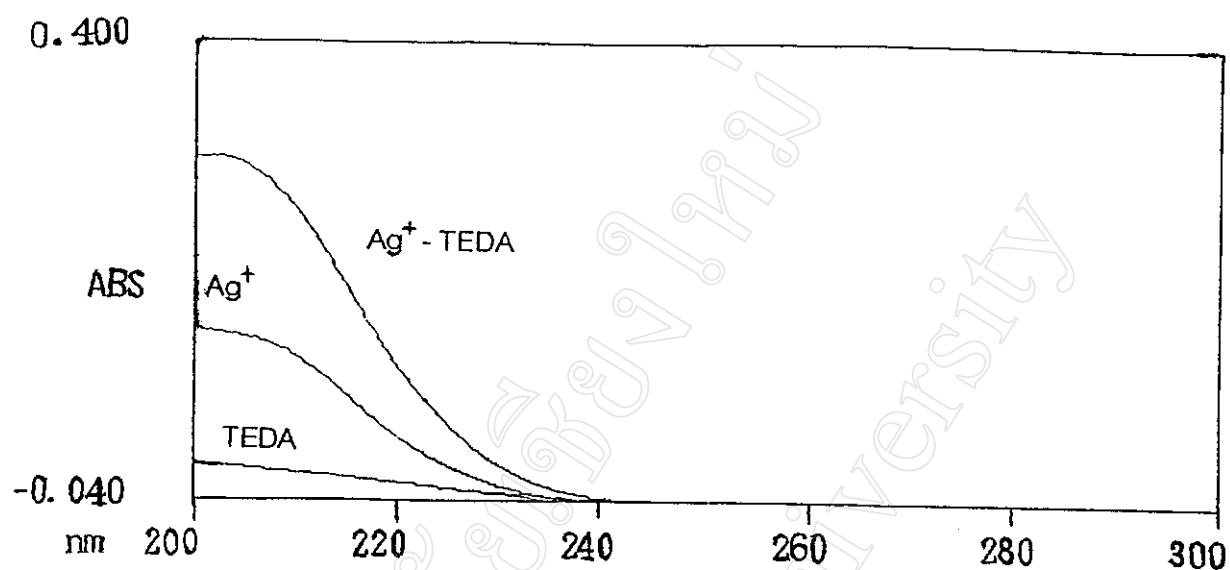


รูป 3.9 กราฟมาตรฐานการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} - TEDA ที่ความยาวคลื่น 570 nm

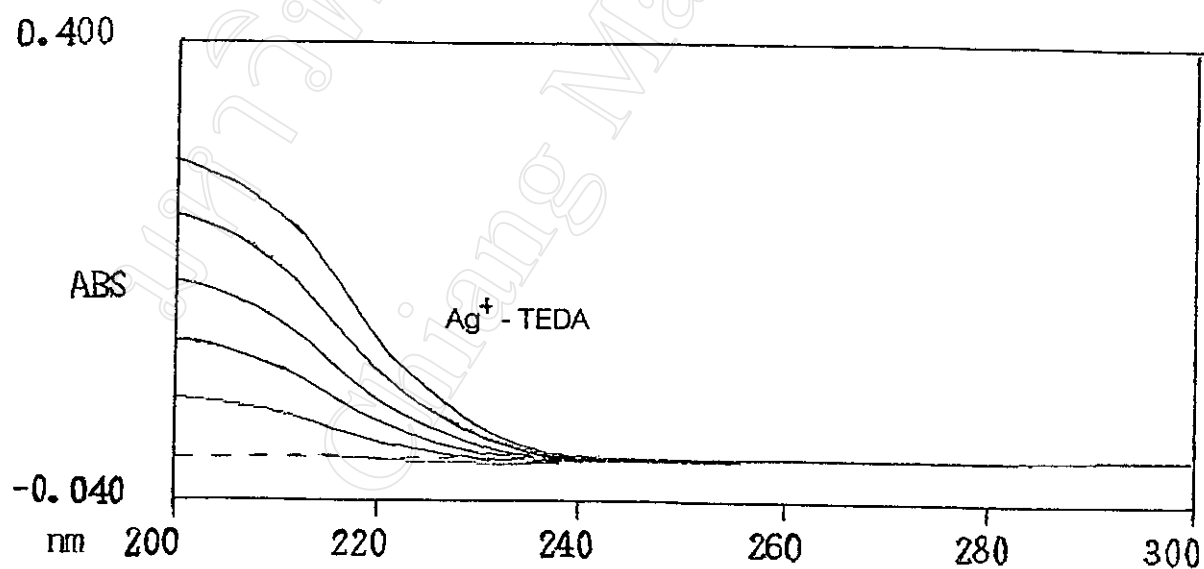
3.1.3 สารประกอบเชิงซ้อน Ag^+ - TEDA

จากการนำสารละลายของสารประกอบเชิงซ้อน Ag^+ - TEDA pH 4 ที่มีความเข้มข้น 5.00×10^{-5} M ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงเปรียบเทียบกับสารละลายไอออนของโลหะ Ag^+ ความเข้มข้น 5.00×10^{-5} M และสารละลาย TEDA ความเข้มข้น 2.00×10^{-4} M ในช่วงความยาวคลื่น 200 – 300 nm ได้สเปกตรัมการดูดกลืนแสง ดังรูป 3.10

จากรูป 3.10 จะเห็นว่า สารประกอบเชิงซ้อน Ag^+ - TEDA เกิดขึ้นจริง โดยมีค่าการดูดกลืนแสงใกล้เคียงกับสารละลาย TEDA ดังนั้นในการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสารประกอบเชิงซ้อนจะต้องใช้ blank คือสารละลาย TEDA เพื่อยืนยันฟิสิกที่เกิดขึ้นว่าเป็นสารประกอบเชิงซ้อนไม่ใช่เป็นของสารละลาย Ag^+ และสารละลาย TEDA ที่มีค่าการดูดกลืนแสงเป็นแบบ additive กัน จากการเตรียมสารประกอบเชิงซ้อนที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 1.00×10^{-5} M ถึง 5.00×10^{-5} M ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200 - 300 nm ได้สเปกตรัมการดูดกลืนแสง ดังรูป 3.11 โดยเรียงลำดับความเข้มข้นน้อยถึงมากจากเส้นในสุดมายังเส้นนอกสุด



รูป 3.10 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายสารประกอบเชิงซ้อน Ag^+ - TEDA
เปรียบเทียบกับสารละลายไอออนของโลหะ Ag^+ และสารละลาย TEDA
ในช่วงความยาวคลื่น 200 - 300 nm

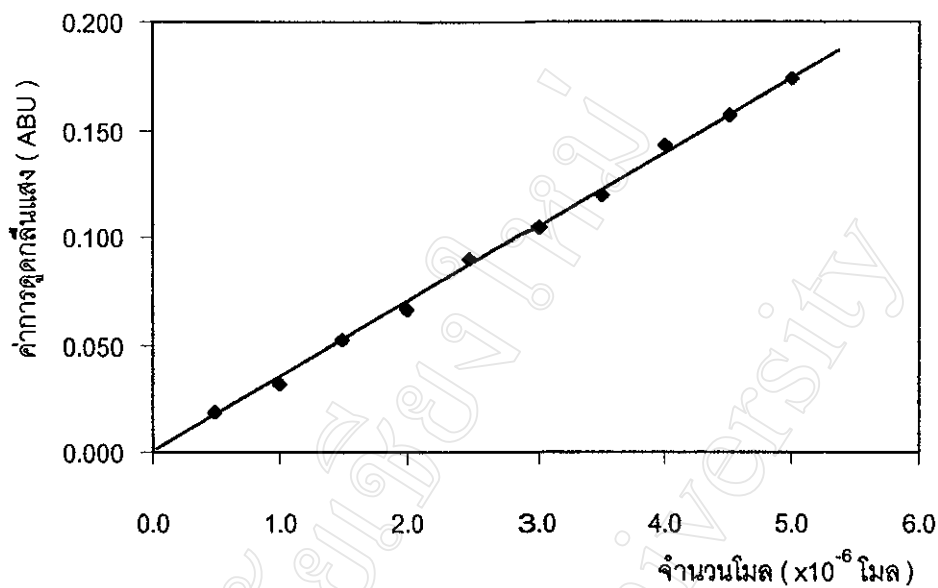


รูป 3.11 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายสารประกอบเชิงซ้อน Ag^+ - TEDA
ที่มีความเข้มข้น 1.00 , 2.00 , 3.00, 4.00 และ 5.00×10^{-5} M ในช่วง
ความยาวคลื่น 200 - 300 nm โดยเรียงลำดับความเข้มข้นจากน้อยถึงมาก
จากเส้นในสุดมายังเส้นนอกสุด

จากรูป 3.11 จะเห็นว่าพีคของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง Ag^+ กับ TEDA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ไม่สามารถหาความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดได้ จึงเลือกค่าความยาวคลื่นเดี่ยวที่มีแนวโน้มทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนกับความเข้มข้นของสารประกอบเชิงซ้อนเป็นเส้นตรง ได้แก่ความยาวคลื่น 210 nm และจะใช้ความยาวคลื่น 210 nm ในการสร้างกราฟมาตรฐานการดูดกลืนแสง ซึ่งจะได้ผลดังตาราง 3.4 และรูป 3.12 ตามลำดับ

ตาราง 3.4 ค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อน Ag^+ - TEDA ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 210 nm

ความเข้มข้น สารประกอบเชิงซ้อน ($\times 10^{-5} \text{M}$)	จำนวนโมล สารประกอบเชิงซ้อน ($\times 10^{-6} \text{mol}$)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 210 nm (ABU)			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
0.50	0.50	0.019	0.018	0.019	0.019
1.00	1.00	0.033	0.030	0.032	0.032
1.50	1.50	0.052	0.049	0.054	0.052
2.00	2.00	0.066	0.065	0.066	0.066
2.50	2.50	0.090	0.088	0.093	0.090
3.00	3.00	0.104	0.105	0.108	0.105
3.50	3.50	0.120	0.118	0.122	0.120
4.00	4.00	0.144	0.139	0.147	0.143
4.50	4.50	0.156	0.155	0.156	0.157
5.00	5.00	0.174	0.172	0.175	0.174



รูป 3.12 กราฟมาตรฐานการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อน Ag^+ - TEDA ที่ความยาวคลื่น 210 nm

3.2 การหาปริมาณการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างไอออนของโลหะกับ ไตรเอธิลีนไดอะมีนบนถ่านกัมมันต์

3.2.1 สารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA

จากการนำสารละลายของสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA pH 4 ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 285 nm และ 770 nm บันทึกผลค่าการดูดกลืนแสงก่อนการเติมถ่านกัมมันต์ จากนั้นปิเปตสารละลายสารประกอบเชิงซ้อนที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ในแต่ละความเข้มข้นให้เติมถ่านกัมมันต์ลงไป 0.1 กรัม นำเข้าเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองถ่านกัมมันต์ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 285 nm และ 770 nm เป็นค่าการดูดกลืนแสงหลังเติมถ่านกัมมันต์ ซึ่งให้ผลดังตาราง 3.5 และ 3.6 ตามลำดับ

ตาราง 3.5 ค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ก่อนและหลังการเติมถ่านกัมมันต์ 0.1 กรัม (ที่ความยาวคลื่น 285nm)

ความเข้มข้น สารประกอบ เชิงซ้อน ($\times 10^{-3}$ M)	ค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อน (ABU)							
	ก่อนเติมถ่านกัมมันต์				หลังเติมถ่านกัมมันต์			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1.00	0.187	0.187	0.187	0.187	0.164	0.163	0.159	0.162
2.00	0.378	0.376	0.376	0.377	0.340	0.338	0.334	0.337
3.00	0.546	0.546	0.545	0.546	0.492	0.489	0.488	0.490
4.00	0.741	0.741	0.742	0.741	0.675	0.670	0.669	0.671
5.00	0.894	0.892	0.892	0.893	0.808	0.809	0.803	0.807
6.00	1.053	1.054	1.053	1.053	0.958	0.954	0.952	0.955
7.00	1.201	1.202	1.202	1.202	1.093	1.089	1.089	1.090
8.00	1.392	1.393	1.395	1.393	1.271	1.268	1.267	1.269
9.00	1.542	1.540	1.539	1.540	1.399	1.397	1.399	1.398
10.00	1.721	1.720	1.720	1.720	1.583	1.580	1.576	1.580
11.00	1.880	1.880	1.878	1.879	1.740	1.737	1.730	1.738
12.00	2.063	2.065	2.063	2.064	1.928	1.927	1.923	1.926

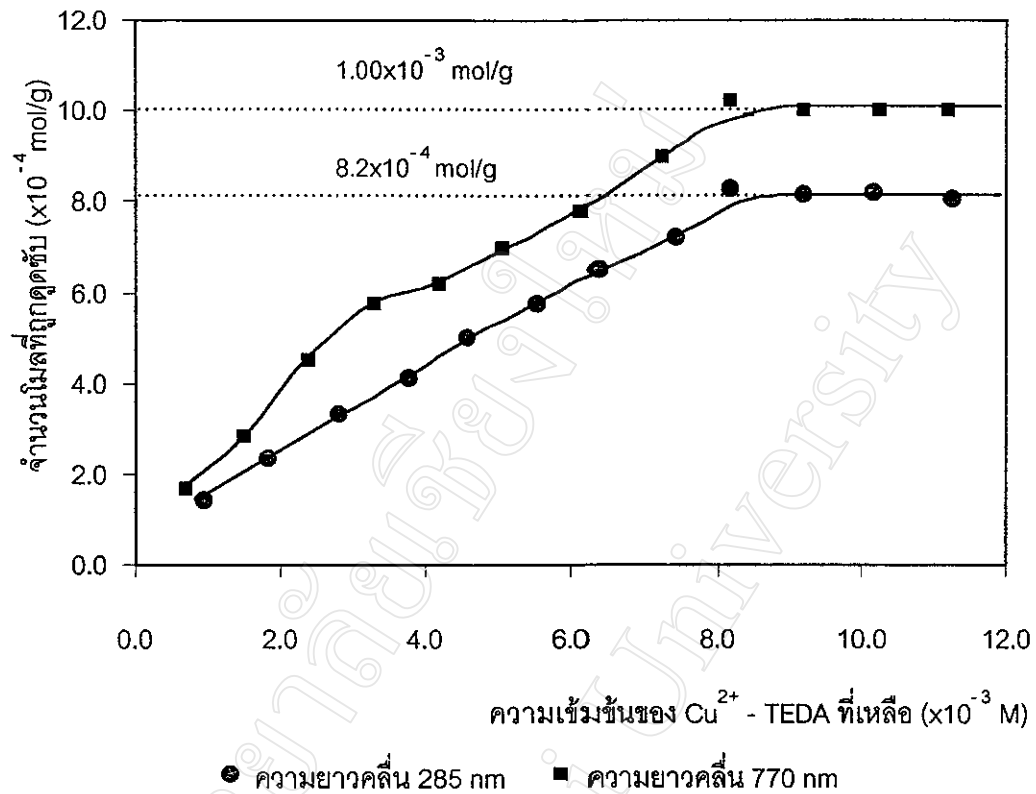
ตาราง 3.6 ค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ก่อนและหลังการเติมถ่านกัมมันต์ 0.1 กรัม (ที่ความยาวคลื่น 770 nm)

ความเข้มข้น สารประกอบ เชิงซ้อน ($\times 10^{-3}$ M)	ค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อน (ABU)							
	ก่อนเติมถ่านกัมมันต์				หลังเติมถ่านกัมมันต์			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1.00	0.020	0.021	0.021	0.021	0.016	0.017	0.019	0.017
2.00	0.044	0.045	0.045	0.045	0.038	0.039	0.038	0.038
3.00	0.070	0.070	0.069	0.070	0.060	0.059	0.060	0.059
4.00	0.097	0.096	0.096	0.096	0.084	0.082	0.081	0.082
5.00	0.119	0.120	0.119	0.119	0.104	0.105	0.104	0.104
6.00	0.143	0.142	0.141	0.142	0.127	0.124	0.125	0.125
7.00	0.167	0.167	0.167	0.167	0.149	0.148	0.147	0.148
8.00	0.198	0.198	0.197	0.198	0.178	0.176	0.174	0.176
9.00	0.223	0.222	0.222	0.222	0.198	0.196	0.196	0.197
10.00	0.247	0.246	0.247	0.247	0.225	0.223	0.222	0.223
11.00	0.273	0.273	0.271	0.272	0.249	0.248	0.246	0.248
12.00	0.296	0.295	0.296	0.296	0.274	0.272	0.270	0.272

การหาปริมาณการดูดซับของสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA โดยการนำค่าเฉลี่ยจากการทดลองทั้ง 3 ครั้งของค่าการดูดกลืนแสงก่อนเติมถ่านกัมมันต์ลบด้วยค่าการดูดกลืนแสงหลังการเติมถ่านกัมมันต์ แล้วเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารประกอบเชิงซ้อน ได้ผลการทดลองดังตาราง 3.7 และรูป 3.13 ตามลำดับ

ตาราง 3.7 จำนวนโมลของสารประกอบเชิงซ้อนของ Cu^{2+} - TEDA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ ที่ความยาวคลื่น 285 และ 770 nm

ความเข้มข้น สารประกอบ เชิงซ้อน ($\times 10^{-3} \text{ M}$)	ความยาวคลื่น 285 nm		ความยาวคลื่น 770 nm	
	ผลต่างค่า การดูดกลืนแสง (ABU)	จำนวนโมลที่ถูกดูดซับ ต่อกรัมถ่านกัมมันต์ ($\times 10^{-4} \text{ mol/g}$)	ผลต่างค่า การดูดกลืนแสง (ABU)	จำนวนโมลที่ถูกดูดซับ ต่อกรัมถ่านกัมมันต์ ($\times 10^{-4} \text{ mol/g}$)
1.00	0.025	1.40	0.004	1.70
2.00	0.040	2.35	0.007	2.85
3.00	0.056	3.30	0.011	4.50
4.00	0.070	4.10	0.014	5.75
5.00	0.086	5.00	0.015	6.20
6.00	0.098	5.75	0.017	7.00
7.00	0.112	6.50	0.019	7.80
8.00	0.124	7.20	0.022	9.00
9.00	0.142	8.30	0.025	10.25
10.00	0.140	8.15	0.024	10.00
11.00	0.141	8.20	0.024	10.00
12.00	0.138	8.05	0.024	10.00



รูป 3.13 จำนวนโมลสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA ที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ (ที่ความยาวคลื่น 285 nm และ 770 nm)

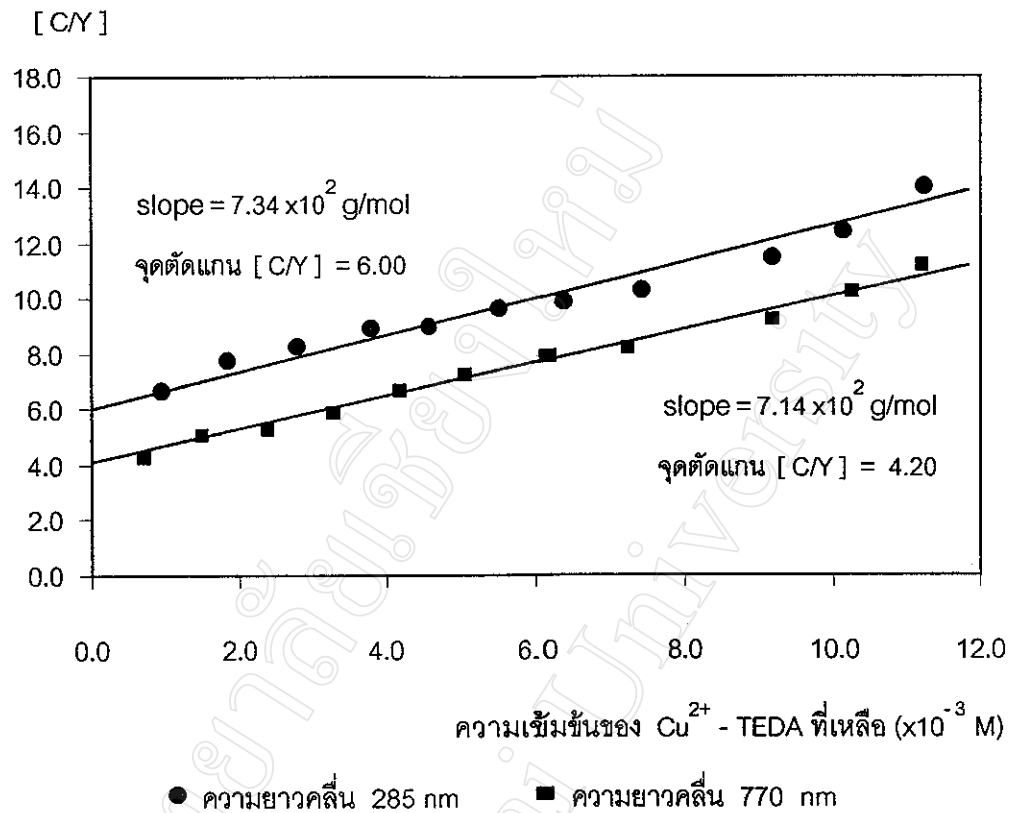
จากความสัมพันธ์ของแลงเมียร์ เมื่อพล็อตกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารละลายสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA ที่เหลือจากการดูดซับต่อจำนวนโมลที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ [C/Y] และความเข้มข้นของสารละลายสารประกอบเชิงซ้อนที่เหลือจากการดูดซับ [C] ที่ความยาวคลื่น 285 และ 770 nm ได้ผลดังตาราง 3.8 และรูป 3.14 ตามลำดับ

ตาราง 3.8 ค่าแรงเมียร์พารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA บนถ่านกัมมันต์ (ที่ความยาวคลื่น 285 nm และ 770 nm)

ความยาวคลื่น 285 nm			ความยาวคลื่น 770 nm		
C ($\times 10^{-3}$ M)	Y ($\times 10^{-4}$ mol/g)	C/Y	C ($\times 10^{-3}$ M)	Y ($\times 10^{-4}$ mol/g)	C/Y
0.94	1.40	6.71	0.70	1.71	4.12
1.85	2.35	7.87	1.50	2.85	5.08
2.80	3.30	8.84	2.40	4.50	5.33
3.80	4.10	9.27	3.30	5.75	5.74
4.60	5.00	9.20	4.20	6.20	6.77
5.56	5.75	9.67	5.10	7.00	7.28
6.35	6.50	9.78	6.15	7.80	7.88
7.40	7.20	10.28	7.20	9.00	8.00
8.15	8.30	9.82	8.15	10.25	7.95
9.20	8.15	11.29	9.20	10.00	9.20
10.15	8.20	12.38	10.25	10.00	10.25
11.25	8.05	13.98	11.20	10.00	11.20

เมื่อ $[C/Y]$ = ความเข้มข้นสารละลายสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA ที่เหลือจากการดูดซับต่อจำนวนโมลที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์

$[C]$ = ความเข้มข้นสารละลายสารประกอบเชิงซ้อนที่เหลือจากการดูดซับ



รูป 3.14 Langmuir plot ของการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA บนถ่านกัมมันต์ (ที่ความยาวคลื่น 285 nm และ 770 nm)

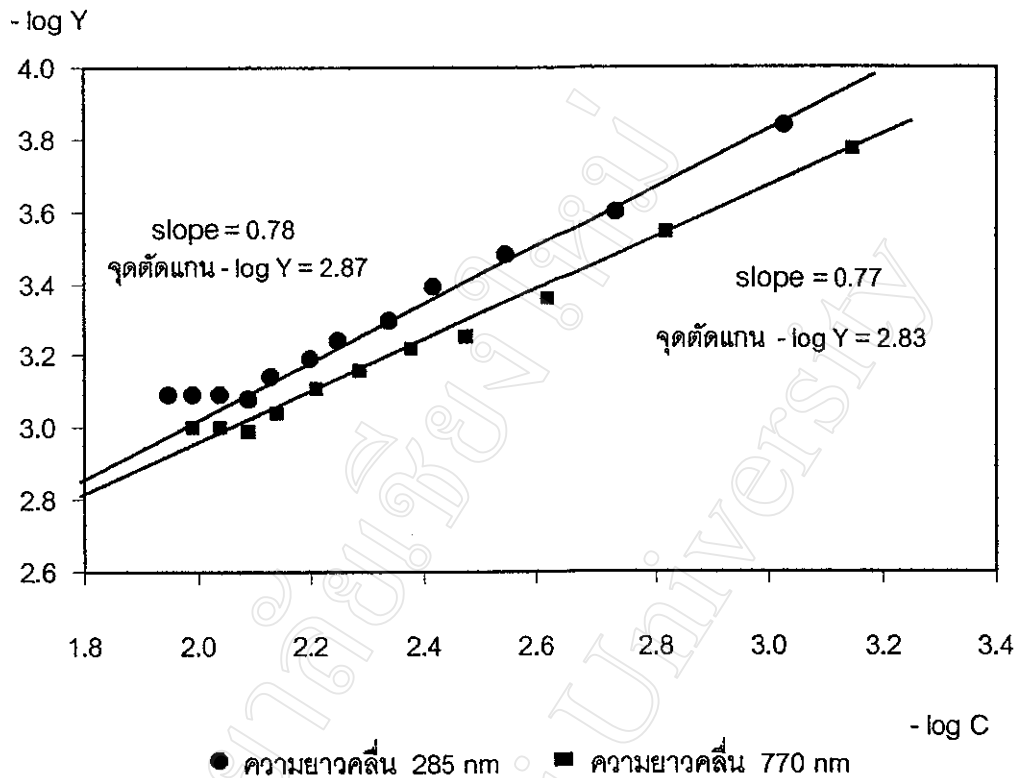
และจากความสัมพันธ์ของพหุคูณดีลิก เมื่อพล็อตกราฟระหว่างค่าลอการิทึมของจำนวนโมลสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA ที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ $[\log Y]$ กับค่าลอการิทึมของสารละลายสารประกอบเชิงซ้อนที่เหลือจากการดูดซับ $[\log C]$ ผลการทดลองที่ความยาวคลื่นทั้งสองค่า ได้ผลดังตาราง 3.9 และรูป 3.15 ตามลำดับ

ตาราง 3.9 ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA บนถ่านกัมมันต์ (ที่ความยาวคลื่น 285 nm และ 770 nm)

ความยาวคลื่น 285 nm		ความยาวคลื่น 770 nm	
log C	log Y	log C	log Y
-3.03	-3.85	-3.15	-3.77
-2.73	-3.53	-2.82	-3.54
-2.55	-3.48	-2.62	-3.35
-2.42	-3.39	-2.48	-3.24
-2.34	-3.30	-2.38	-3.21
-2.25	-3.24	-2.29	-3.15
-2.20	-3.19	-2.21	-3.11
-2.13	-3.14	-2.14	-3.04
-2.09	-3.08	-2.09	-2.99
-2.04	-3.09	-2.04	-3.00
-1.99	-3.09	-1.99	-3.00
-1.95	-3.09	-1.99	-3.00

เมื่อ $[\log Y]$ = ค่าลอการิทึมของจำนวนโมลที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์

$[\log C]$ = ค่าลอการิทึมของความเข้มข้นสารละลายสารประกอบเชิงซ้อนที่เหลือ



รูป 3.15 Freundlich plot ของการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA บนถ่านกัมมันต์ (ที่ความยาวคลื่น 285 nm และ 770 nm)

3.2.2 สารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} - TEDA

นำสารละลายสารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} - TEDA ทุกความเข้มข้นที่จะทดลองไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 570 nm และบันทึกผลเป็นค่าการดูดกลืนแสงก่อนเติมถ่านกัมมันต์ จากนั้นบีบอัดสารละลายสารประกอบเชิงซ้อนมาความเข้มข้นละ 20 ml ใส่ในขวดรูปชมพู่ และเติมถ่านกัมมันต์ลงไปความเข้มข้นละ 0.1 กรัม นำไปเข้าเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองเอาถ่านกัมมันต์ออก ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 570 nm ให้ผลดังตาราง 3.10

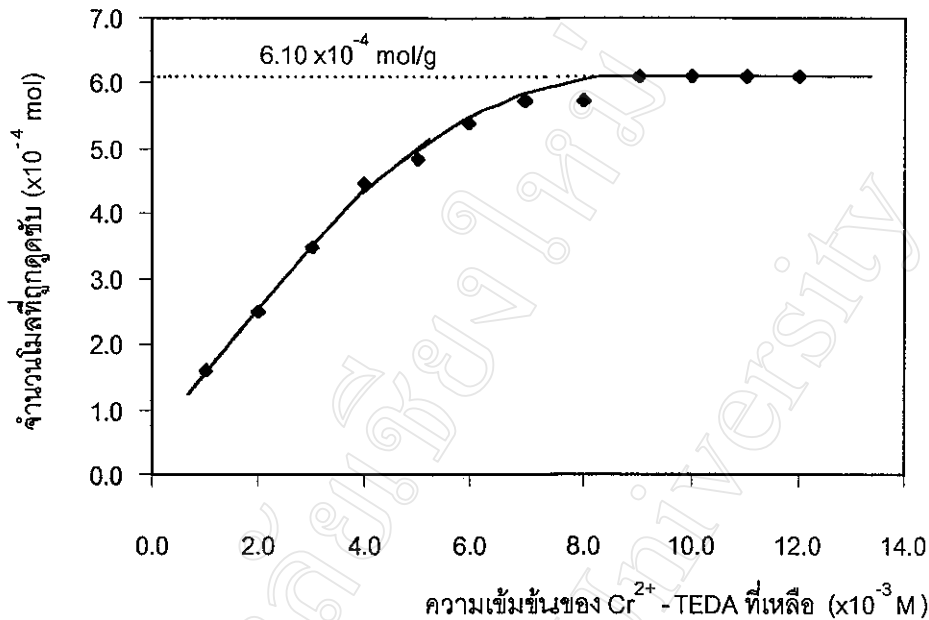
ตาราง 3.10 ค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} - TEDA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ก่อนและหลังเติมถ่านกัมมันต์ 0.1 กรัม ที่ความยาวคลื่น 570 nm

ความเข้มข้น สารประกอบ เชิงซ้อน ($\times 10^{-3} \text{ M}$)	ค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อน							
	ก่อนเติมถ่านกัมมันต์				หลังเติมถ่านกัมมันต์			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1.00	0.032	0.032	0.031	0.032	0.027	0.026	0.026	0.027
2.00	0.066	0.065	0.065	0.065	0.058	0.057	0.057	0.057
3.00	0.098	0.098	0.097	0.098	0.087	0.087	0.086	0.087
4.00	0.130	0.130	0.130	0.130	0.116	0.116	0.117	0.116
5.00	0.160	0.160	0.159	0.160	0.146	0.145	0.144	0.145
6.00	0.192	0.191	0.192	0.192	0.176	0.176	0.173	0.175
7.00	0.222	0.220	0.220	0.221	0.204	0.203	0.202	0.203
8.00	0.250	0.250	0.249	0.250	0.233	0.232	0.230	0.232
9.00	0.280	0.281	0.280	0.280	0.261	0.261	0.260	0.261
10.00	0.310	0.311	0.308	0.310	0.292	0.292	0.288	0.291
11.00	0.335	0.336	0.334	0.335	0.316	0.317	0.314	0.316
12.00	0.364	0.361	0.361	0.362	0.344	0.342	0.342	0.343

การหาปริมาณการดูดซับของสารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} - TEDA โดยการนำค่าเฉลี่ยจากการทดลองทั้ง 3 ครั้งของค่าการดูดกลืนแสงก่อนเติมถ่านกัมมันต์ลบด้วยค่าการดูดกลืนแสงหลังการเติมถ่านกัมมันต์ แล้วเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารประกอบเชิงซ้อน ได้ผลการทดลองดังตาราง 3.11 และรูป 3.16 ตามลำดับ

ตาราง 3.11 ผลต่างค่าการดูดกลืนแสงก่อนและหลังเติมถ่านกัมมันต์ และจำนวนโมลของสารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} - TEDA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ ที่ความยาวคลื่น 570 nm

ความเข้มข้น สารประกอบเชิงซ้อน ($\times 10^{-3}$ M)	ผลต่างค่าการดูดกลืนแสง (ABU)	จำนวนโมลที่ถูกดูดซับต่อกรัม ของถ่านกัมมันต์ ($\times 10^{-4}$ mol/g)
1.00	0.005	1.61
2.00	0.008	2.50
3.00	0.011	3.50
4.00	0.014	4.50
5.00	0.015	4.85
6.00	0.017	5.40
7.00	0.018	5.75
8.00	0.018	5.75
9.00	0.019	6.10
10.00	0.019	6.10
11.00	0.019	6.10
12.00	0.019	6.10



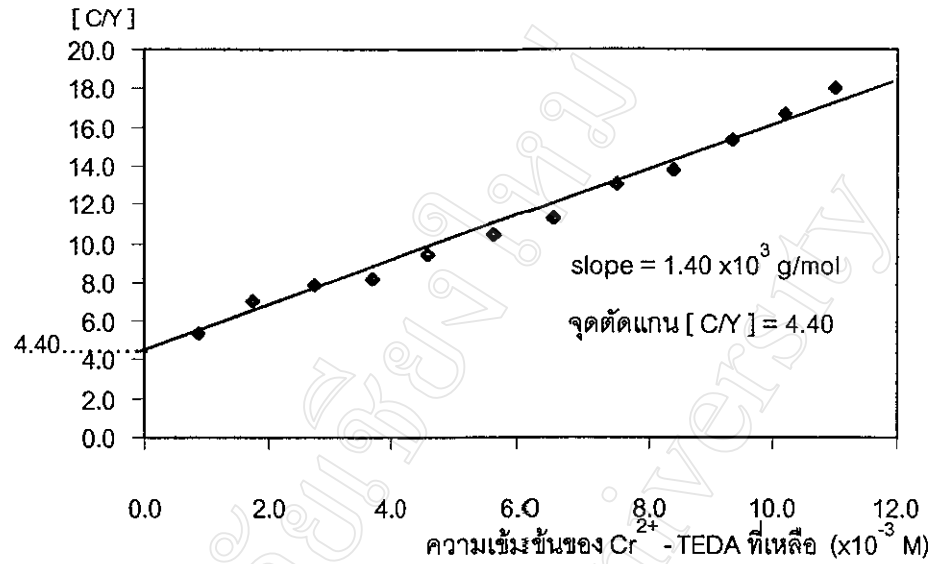
รูป 3.16 จำนวนโมลสารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} -TEDA ที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์

จากการความสัมพันธ์ของแลงเมียร์ เมื่อพล็อตกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารละลายสารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} -TEDA ที่เหลือจากการดูดซับต่อจำนวนโมลที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ $[C/Y]$ กับความเข้มข้นสารละลายสารประกอบเชิงซ้อนที่เหลือจากการดูดซับ $[C]$ ได้ผลดังตาราง 3.12 และรูป 3.17 และจากความสัมพันธ์ของฟรอยดลิค เมื่อพล็อตกราฟระหว่างค่าลอการิทึมของจำนวนโมลสารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} -TEDA ที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ $[\log Y]$ กับค่าลอการิทึมของความเข้มข้นที่เหลือจากการดูดซับ $[\log C]$ ได้ผลดังตาราง 3.12 และรูป 3.18 ตามลำดับ

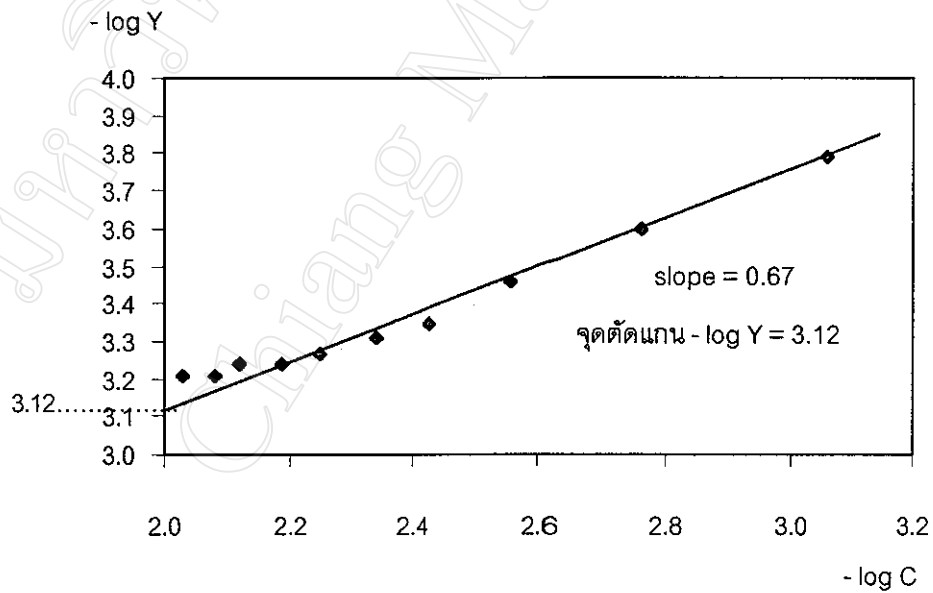
ตาราง 3.12 ค่าคงที่และพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} - TEDA บนถ่านกัมมันต์

C ($\times 10^{-3}$ M)	Y ($\times 10^{-4}$ mol/g)	C/Y	log C	log Y
0.87	1.61	5.40	-3.06	-3.79
1.75	2.50	7.00	-2.76	-3.60
2.75	3.50	7.85	-2.56	-3.46
3.70	4.50	8.22	-2.43	-3.35
4.60	4.85	9.40	-2.34	-3.31
5.65	5.40	10.46	-2.25	-3.27
6.50	5.75	11.30	-2.19	-3.24
7.50	5.75	13.04	-2.12	-3.24
8.40	6.10	13.77	-2.08	-3.21
9.35	6.10	15.32	-2.03	-3.21
10.20	6.10	16.72	-1.99	-3.21
11.00	6.10	18.03	-1.96	-3.21

- เมื่อ $[C/Y]$ = ความเข้มข้นสารละลายสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA ที่เหลือจากการดูดซับต่อจำนวนโมลที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์
- $[C]$ = ความเข้มข้นสารละลายสารประกอบเชิงซ้อนที่เหลือจากการดูดซับ
- $[\log Y]$ = ค่าลอการิทึมของจำนวนโมลที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์
- $[\log C]$ = ค่าลอการิทึมของความเข้มข้นสารละลายสารประกอบเชิงซ้อนที่เหลือจากการดูดซับ



รูป 3.17 Langmuir plot ของการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} -TEDA บนถ่านกัมมันต์



รูป 3.18 Freundlich plot ของการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} -TEDA บนถ่านกัมมันต์

3.2.3 สารประกอบเชิงซ้อน Ag^+ - TEDA

นำสารละลายสารประกอบเชิงซ้อน Ag^+ - TEDA ทุกความเข้มข้นที่จะทดลองไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 210 nm บันทึกผลเป็นค่าการดูดกลืนแสงก่อนเติมถ่านกัมมันต์ ดังตาราง 3.13 จากนั้นเปิดสารละลายสารประกอบเชิงซ้อนมาความเข้มข้นละ 20 ml ใส่ในขวดรูปชมพู่ และเติมถ่านกัมมันต์ 0.1 กรัมลงในแต่ละความเข้มข้น นำเข้าเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองเอาถ่านกัมมันต์ออก ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 210 nm เป็นค่าการดูดกลืนแสงหลังเติมถ่านกัมมันต์ ได้ผลดังตาราง 3.13

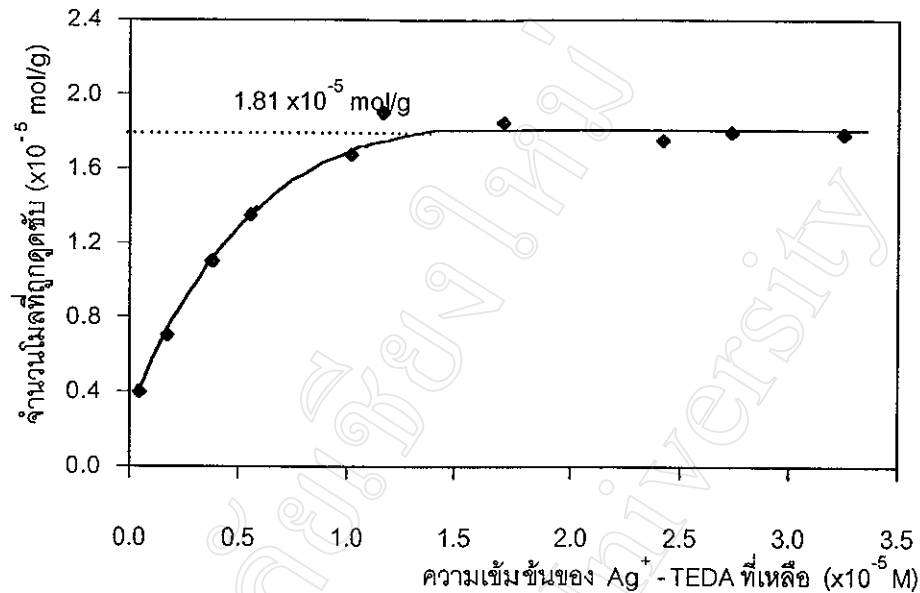
ตาราง 3.13 ค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อน Ag^+ - TEDA ที่ความเข้มข้นต่างๆ ก่อนและหลังเติมถ่านกัมมันต์ 0.1 กรัมที่ความยาวคลื่น 210 nm

ความเข้มข้น สารประกอบ เชิงซ้อน ($\times 10^{-5} \text{ M}$)	ค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อน (ABU)							
	ก่อนเติมถ่านกัมมันต์				หลังเติมถ่านกัมมันต์			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
0.50	0.017	0.016	0.016	0.016	0.003	0.002	0.002	0.002
1.00	0.031	0.030	0.030	0.030	0.008	0.006	0.005	0.006
1.50	0.051	0.050	0.049	0.050	0.015	0.014	0.011	0.013
2.00	0.065	0.064	0.064	0.064	0.022	0.020	0.019	0.020
2.50	0.095	0.094	0.092	0.094	0.037	0.035	0.032	0.035
3.00	0.108	0.106	0.105	0.106	0.044	0.040	0.039	0.040
3.50	0.126	0.124	0.124	0.125	0.063	0.060	0.058	0.060
4.00	0.144	0.146	0.144	0.145	0.085	0.087	0.083	0.085
4.50	0.160	0.158	0.167	0.158	0.098	0.095	0.092	0.095
5.00	0.176	0.175	0.173	0.175	0.114	0.113	0.113	0.113

การหาปริมาณการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อนต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ โดยการนำผลต่างของค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสงก่อนและหลังเติมถ่านกัมมันต์ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน แล้วเปลี่ยนเป็นจำนวนโมลสารประกอบเชิงซ้อนที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ ได้ผลดังตาราง 3.14 และรูป 3.19 ตามลำดับ

ตาราง 3.14 ผลต่างค่าการดูดกลืนแสงก่อนและหลังเติมถ่านกัมมันต์ และจำนวนโมลของสารประกอบเชิงซ้อน $\text{Ag}^+ - \text{TEDA}$ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ที่มีความยาวคลื่น 210 nm

ความเข้มข้น สารประกอบเชิงซ้อน ($\times 10^{-5} \text{ M}$)	ผลต่างค่าการ ดูดกลืนแสง (ABU)	จำนวนโมลที่ถูกดูดซับต่อกรัม ของถ่านกัมมันต์ ($\times 10^{-5} \text{ mol/g}$)
0.50	0.014	0.40
1.00	0.024	0.70
1.50	0.037	1.10
2.00	0.044	1.35
2.50	0.059	1.68
3.00	0.066	1.90
3.50	0.065	1.85
4.00	0.060	1.75
4.50	0.063	1.80
5.00	0.062	1.78



รูป 3.19 จำนวนโมลสารประกอบเชิงซ้อน Ag^+ - TEDA ที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์

จากความสัมพันธ์ของแลงเมียร์ เมื่อพล็อตกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารละลายสารประกอบเชิงซ้อน Ag^+ - TEDA ที่เหลือจากการดูดซับต่อจำนวนโมลที่ถูกดูดซับต่อกรัมถ่านกัมมันต์ $[C/Y]$ กับความเข้มข้นของสารประกอบเชิงซ้อนที่เหลือ $[C]$ ได้ผลดังตาราง 3.1 และรูป 3.20 และจากความสัมพันธ์ของฟรอยด์ลิค เมื่อพล็อตกราฟระหว่างค่าลอการิทึมของจำนวนโมลสารประกอบเชิงซ้อน Ag^+ - TEDA ที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ $[\log Y]$ กับค่าลอการิทึมของความเข้มข้นสารละลายสารประกอบเชิงซ้อนที่เหลือจากการดูดซับ $[\log C]$ ได้ผลดังตาราง 3.15 และรูป 3.21 ตามลำดับ

ตาราง 3.15 ค่าแรงเมียร์และพอยต์ลิตพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการดูดซับสารประกอบ
เชิงซ้อน Ag^+ - TEDA บนถ่านกัมมันต์

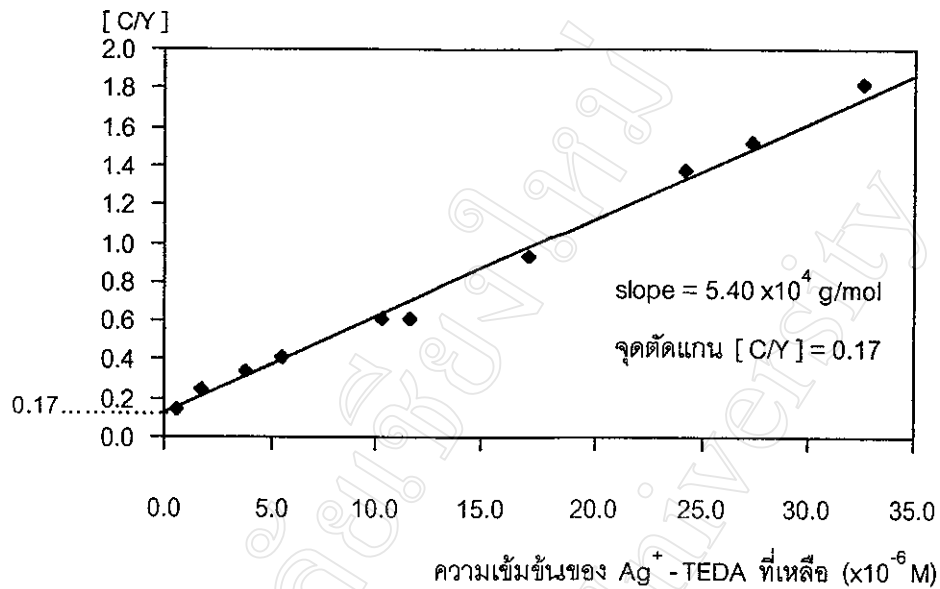
C ($\times 10^{-6}$ M)	Y ($\times 10^{-5}$ mol/g)	C/Y	log C	log Y
0.55	0.40	0.14	-6.26	-5.40
1.75	0.70	0.25	-5.76	-5.15
3.75	1.10	0.34	-5.42	-4.96
5.50	1.35	0.41	-5.26	-4.87
10.2	1.68	0.61	-4.99	-4.77
11.6	1.90	0.61	-4.94	-4.72
17.2	1.85	0.93	-4.76	-4.73
24.2	1.75	1.38	-4.62	-4.76
27.3	1.50	1.52	-4.56	-4.74
32.5	1.78	1.82	-4.49	-4.75

เมื่อ $[C/Y]$ = ความเข้มข้นสารละลายสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA ที่เหลือจากการดูดซับต่อจำนวนโมลที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์

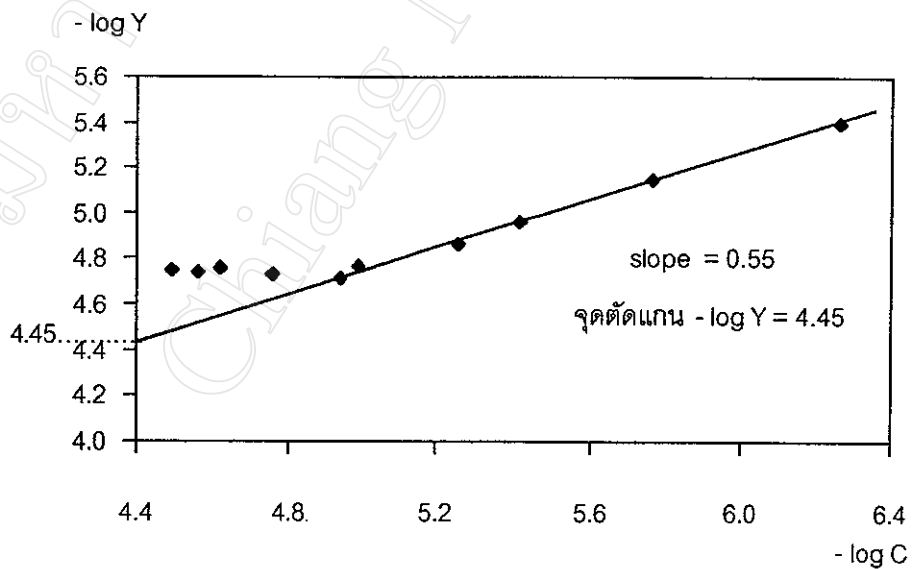
$[C]$ = ความเข้มข้นสารละลายสารประกอบเชิงซ้อนที่เหลือจากการดูดซับ

$[\log Y]$ = ค่าลอการิทึมของจำนวนโมลที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์

$[\log C]$ = ค่าลอการิทึมของความเข้มข้นสารละลายสารประกอบเชิงซ้อนที่เหลือจากการดูดซับ



รูป 3.20 Langmuir plot ของการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อน Ag^+ - TEDA บนถ่านกัมมันต์



รูป 3.21 Freundlich plot ของการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อน Ag^+ - TEDA บนถ่านกัมมันต์

3.3 ผลของอุณหภูมิต่อการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อนของไอออนโลหะกับไตรเอทิลีน-ไดอะมีนบนถ่านกัมมันต์

3.3.1 การหาปริมาณการดูดซับของสารประกอบเชิงซ้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ

นำสารละลายสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างไอออนโลหะ Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Ag^+ กับ TEDA ชนิดละ 1 ความเข้มข้นที่มีจำนวนโมลการดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์สูงสุด มาศึกษาการดูดซับที่อุณหภูมิต่างกันคือ 20, 25, 30, 40, 60 และ 80 °C แล้วหาผลต่างค่าการดูดกลืนแสงก่อนและหลังเติมถ่านกัมมันต์ แล้วคำนวณออกมาในรูปจำนวนโมลสารประกอบเชิงซ้อนที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ ได้ผลดังตาราง 3.16 - 3.18 และรูป 3.22

ตาราง 3.16 จำนวนโมลของสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA ที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

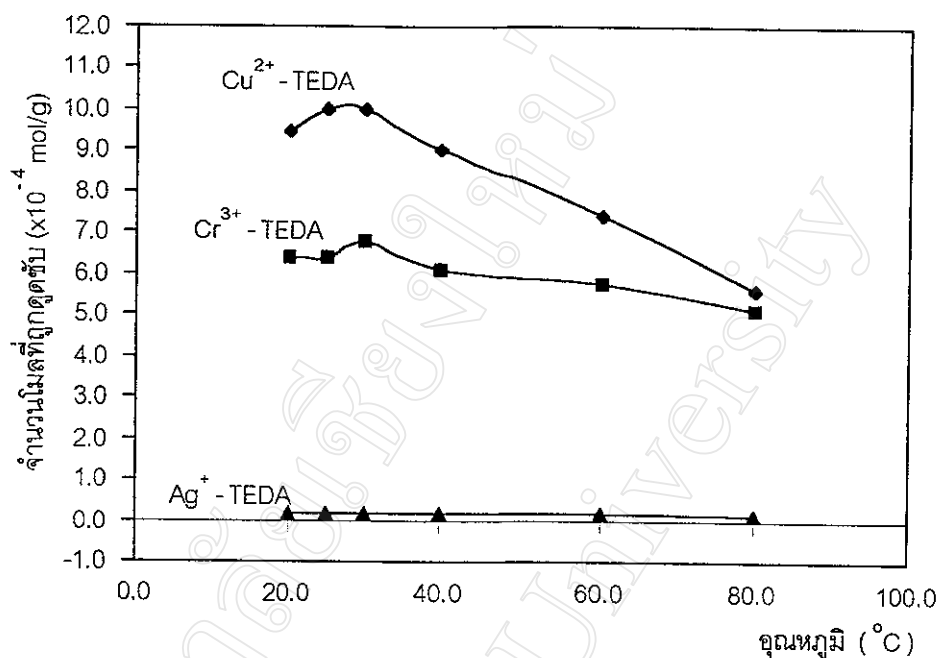
Cu^{2+} - TEDA	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 770 nm				ผลต่างค่า การดูด กลืนแสง (ABU)	จำนวนโมลที่ถูก ดูดซับต่อกรัม ของถ่านกัมมันต์ ($\times 10^{-4}$ mol/g)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		
ก่อนเติมถ่านกัมมันต์	0.209	0.209	0.210	0.209	-	-
หลังเติมถ่านกัมมันต์ที่ 20 °C	0.187	0.186	0.186	0.186	0.022	9.50
หลังเติมถ่านกัมมันต์ที่ 25 °C	0.185	0.185	0.185	0.185	0.024	10.00
หลังเติมถ่านกัมมันต์ที่ 30 °C	0.184	0.185	0.186	0.185	0.024	10.00
หลังเติมถ่านกัมมันต์ที่ 40 °C	0.186	0.185	0.189	0.187	0.022	9.00
หลังเติมถ่านกัมมันต์ที่ 60 °C	0.192	0.190	0.192	0.191	0.018	7.40
หลังเติมถ่านกัมมันต์ที่ 80 °C	0.192	0.193	0.193	0.193	0.016	5.60

ตาราง 3.17 จำนวนโมลของสารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} - TEDA ที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

Cr^{3+} - TEDA	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 570 nm				ผลต่างค่าการดูดกลืนแสง (ABU)	จำนวนโมลที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ ($\times 10^{-4}$ mol/g)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		
	1	2	3			
ก่อนเติมถ่านกัมมันต์	0.323	0.324	0.323	0.323	-	-
หลังเติมถ่านกัมมันต์ที่ 20 °C	0.303	0.304	0.302	0.303	0.020	6.40
หลังเติมถ่านกัมมันต์ที่ 25 °C	0.302	0.303	0.303	0.303	0.020	6.40
หลังเติมถ่านกัมมันต์ที่ 30 °C	0.301	0.303	0.302	0.302	0.021	6.75
หลังเติมถ่านกัมมันต์ที่ 40 °C	0.303	0.304	0.304	0.304	0.019	6.10
หลังเติมถ่านกัมมันต์ที่ 60 °C	0.304	0.305	0.305	0.305	0.018	5.75
หลังเติมถ่านกัมมันต์ที่ 80 °C	0.307	0.307	0.308	0.307	0.016	5.10

ตาราง 3.18 จำนวนโมลของสารประกอบเชิงซ้อน Ag^+ - TEDA ที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

Ag^+ - TEDA	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 210 nm				ผลต่างค่าการดูดกลืนแสง (ABU)	จำนวนโมลที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ ($\times 10^{-5}$ mol/g)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		
	1	2	3			
ก่อนเติมถ่านกัมมันต์	0.142	0.144	0.140	0.142	-	-
หลังเติมถ่านกัมมันต์ที่ 20 °C	0.076	0.080	0.075	0.077	0.065	1.85
หลังเติมถ่านกัมมันต์ที่ 25 °C	0.077	0.079	0.075	0.077	0.065	1.85
หลังเติมถ่านกัมมันต์ที่ 30 °C	0.078	0.080	0.073	0.077	0.065	1.85
หลังเติมถ่านกัมมันต์ที่ 40 °C	0.081	0.080	0.077	0.079	0.063	1.80
หลังเติมถ่านกัมมันต์ที่ 60 °C	0.081	0.084	0.080	0.082	0.060	1.75
หลังเติมถ่านกัมมันต์ที่ 80 °C	0.081	0.084	0.089	0.092	0.050	1.40



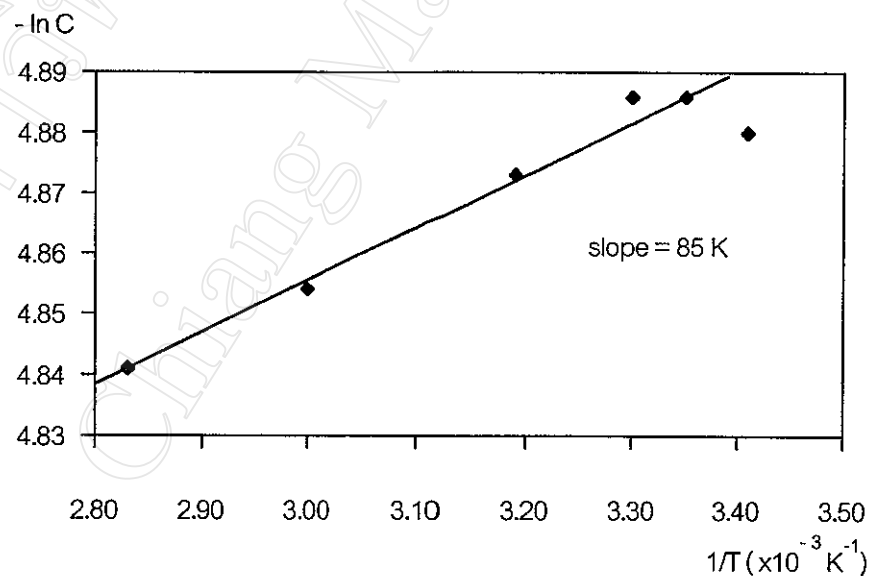
รูป 3.22 จำนวนโมลสารประกอบเชิงซ้อนของ Cu^{2+} - TEDA , Cr^{3+} - TEDA และ Ag^+ - TEDA ที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

3.3.2 การหาค่าความร้อนของการดูดซับของสารประกอบเชิงซ้อน

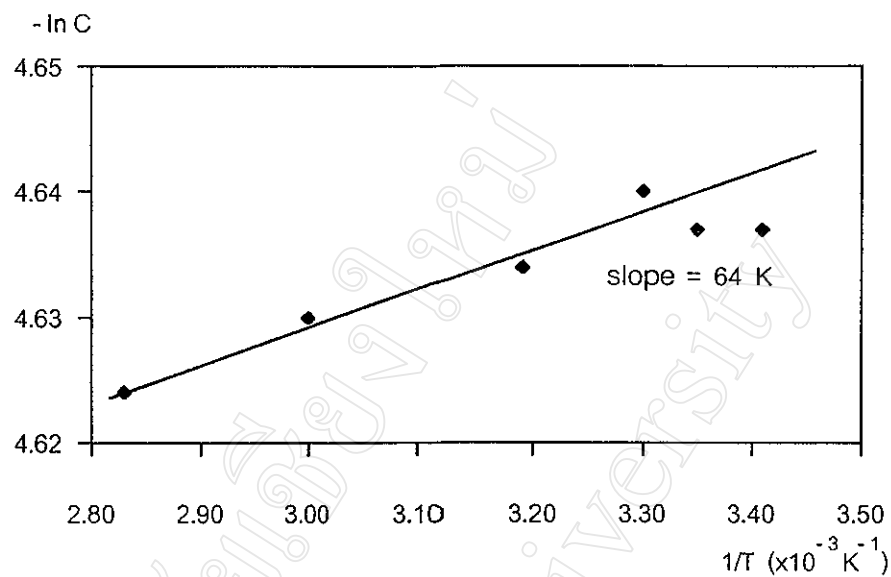
จากสมการ เคลาเซียส - แคลปียอง โดยการพล็อตค่าลอการิทึมธรรมชาติของความเข้มข้นสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA , Cr^{3+} - TEDA และ Ag^+ - TEDA ที่เหลือจากการดูดซับที่อุณหภูมิต่าง ๆ $[\ln C]$ กับส่วนกลับของอุณหภูมิสัมบูรณ์ $[1/T]$ ได้ผลดังตาราง 3.19 และ รูป 3.23 – 3.25 ตามลำดับ

ตาราง 3.19 ค่าลอการิทึมธรรมชาติของความเข้มข้นสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA , Cr^{3+} - TEDA และ Ag^+ - TEDA ที่เหลือจากการดูดซับที่อุณหภูมิต่างๆ $[\ln C]$ กับส่วนกลับของอุณหภูมิสัมบูรณ์ $[1/T]$

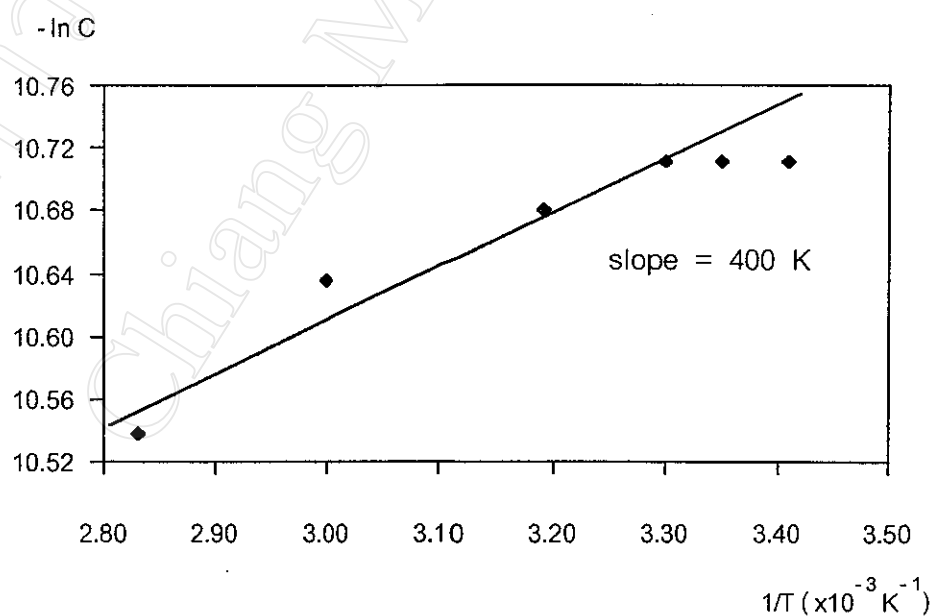
$1/T (10^{-3} \text{ K}^{-1})$	Cu^{2+} - TEDA		Cr^{3+} - TEDA		Ag^+ - TEDA	
	$C(10^{-3} \text{ M})$	$\ln C$	$C(10^{-3} \text{ M})$	$\ln C$	$C(10^{-5} \text{ M})$	$\ln C$
3.41	7.60	-4.880	9.69	-4.637	2.23	-10.711
3.35	7.55	-4.886	9.69	-4.637	2.23	-10.711
3.30	7.55	-4.886	9.66	-4.640	2.23	-10.711
3.19	7.65	-4.873	9.72	-4.636	2.30	-10.680
3.00	7.80	-4.854	9.75	-4.631	2.37	-10.650
2.83	7.90	-4.841	9.81	-4.624	2.65	-10.538



รูป 3.23 ค่าลอการิทึมธรรมชาติของความเข้มข้นสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA ที่เหลือจากการดูดซับที่อุณหภูมิต่างๆ $[\ln C]$ กับส่วนกลับของอุณหภูมิสัมบูรณ์ $[1/T]$



รูป 3.24 ค่าลอการิทึมธรรมชาติของความเข้มข้นสารประกอบเชิงซ้อน Cr^{3+} - TEDA ที่เหลือจากการดูดซับที่อุณหภูมิต่างๆ $[\ln C]$ กับส่วนกลับของอุณหภูมิสัมบูรณ์ $[1/T]$



รูป 3.25 ค่าลอการิทึมธรรมชาติของความเข้มข้นสารประกอบเชิงซ้อน Ag^+ - TEDA ที่เหลือจากการดูดซับที่อุณหภูมิต่างๆ $[\ln C]$ กับส่วนกลับของอุณหภูมิสัมบูรณ์ $[1/T]$

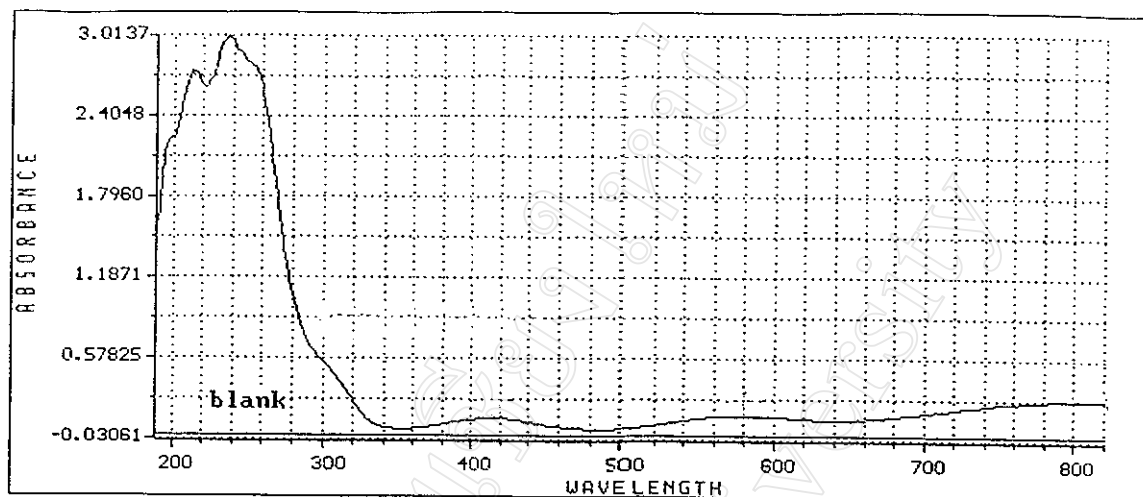
ตาราง 3.20 เปรียบเทียบปริมาณและไอโซเทอร์มการดูดซับของสารประกอบเชิงซ้อน Cu^{2+} - TEDA, Cr^{3+} - TEDA และ Ag^+ - TEDA

		Cu^{2+} - TEDA	Cr^{3+} - TEDA	Ag^+ - TEDA
ปริมาณการดูดซับเฉลี่ยสูงสุด ต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ (mol/g)		1.00×10^{-3}	6.10×10^{-4}	1.81×10^{-5}
ร้อยละของโลหะที่ถูกดูดซับ บนถ่านกัมมันต์ (%W/W)		6.35	3.17	0.20
ไอโซเทอร์มแบบ แลงเมียร์	W_m (mol/g)	1.40×10^{-3}	7.10×10^{-4}	1.85×10^{-5}
	k	170	318	3.18×10^5
ความร้อนของการดูดซับ (kJ / mol)		- 0.71C	- 0.530	- 3.32

3.4 ผลการเคลือบผิวถ่านกัมมันต์ด้วยไอออนโลหะผสมทุกตัวกับไตรเอธิลีนไดอะมิน

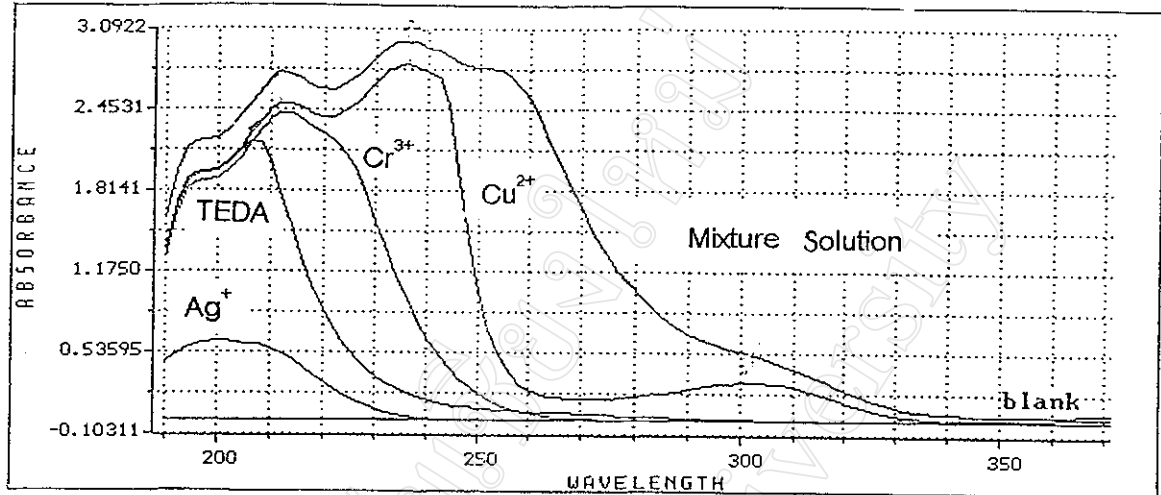
3.4.1 สเปกตรัมสารละลายโลหะผสมกับไตรเอธิลีนไดอะมิน

เตรียมสารละลายผสมของไอออนโลหะ Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Ag^+ กับ TEDA โดยเตรียมตามจำนวนโมลการดูดซับต่ำสุด (%minimum) จากตาราง 2.5 จากนั้นนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี – วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ในช่วงความยาวคลื่น 190 - 820 nm เพื่อหาสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายผสมของไอออนโลหะกับ TEDA ได้ผลดังรูป 3.26

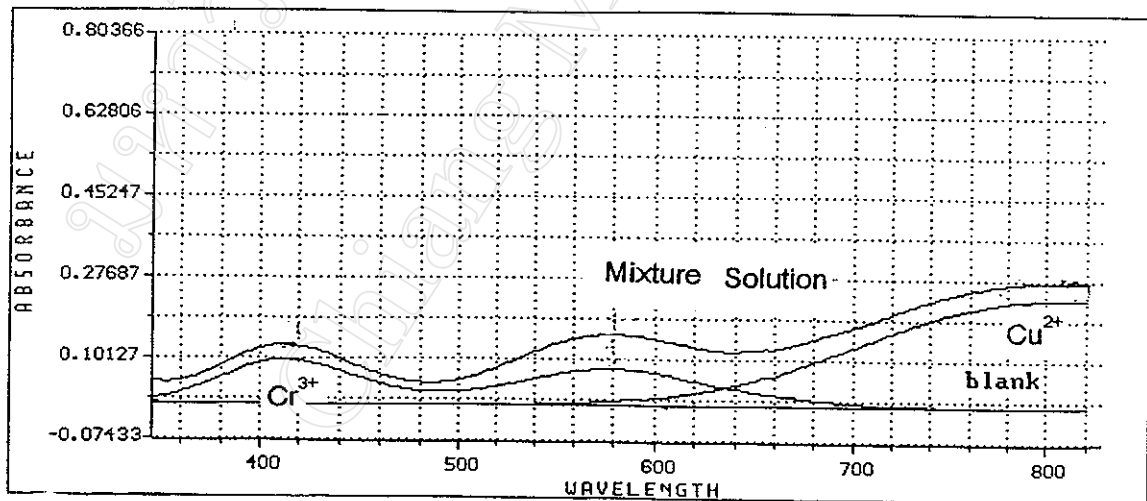


รูป 3.26 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายผสมของไอออนโลหะ Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Ag^+ กับ TEDA ในช่วงความยาวคลื่น 190 - 820 nm

ในการตรวจสอบการดูว่าไอออนโลหะชนิดใด จะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ TEDA นั้น จะต้องเทียบสเปกตรัมของสารละลายไอออนโลหะแต่ละตัวกับสารละลายไอออนโลหะผสมกับ TEDA โดยเตรียมสารละลายแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาว คลื่น 190 - 820 nm เช่นเดียวกัน แล้วพิจารณาดูว่าเกิดพีคของสารประกอบเชิงซ้อนของไอออนโลหะใดบ้างกับ TEDA ได้ผลดังรูป 3.27 - 3.28



รูป 3.27 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายไอออนโลหะ Cu^{2+} , Cr^{3+} , Ag^+ และ TEDA เปรียบเทียบกับสารละลายผสมของไอออนโลหะ Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Ag^+ กับ TEDA ในช่วงความยาวคลื่น 190 - 370 nm



รูป 3.28 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายไอออนโลหะ Cu^{2+} , Cr^{3+} เปรียบเทียบกับสารละลายผสมของไอออนโลหะ Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Ag^+ กับ TEDA ในช่วงความยาวคลื่น 350 - 820 nm

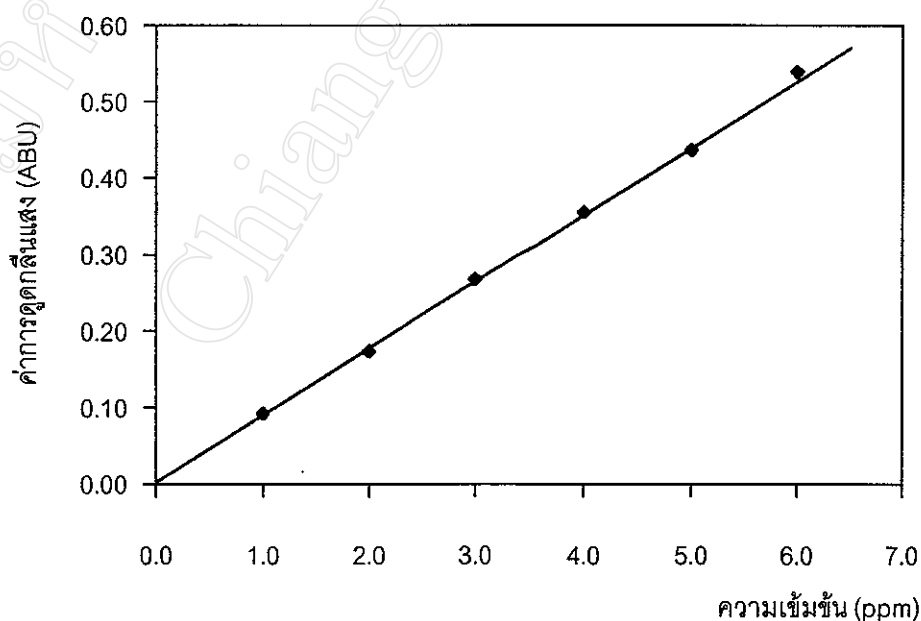
3.4.2 กราฟมาตรฐานของโลหะในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอะตอมมิก - แอปซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมตรี

3.4.2.1 กราฟมาตรฐานของ Cu^{2+}

ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย Cu^{2+} มาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ เมื่อนำไปวัดด้วยเครื่อง AAS ได้ผลดังตาราง 3.21 และรูป 3.29 ตามลำดับ

ตาราง 3.21 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย Cu^{2+} มาตรฐานที่มีความยาวคลื่น 324.8 nm

ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (ABU)
1.00	0.091
2.00	0.175
3.00	0.269
4.00	0.356
5.00	0.436
6.00	0.539



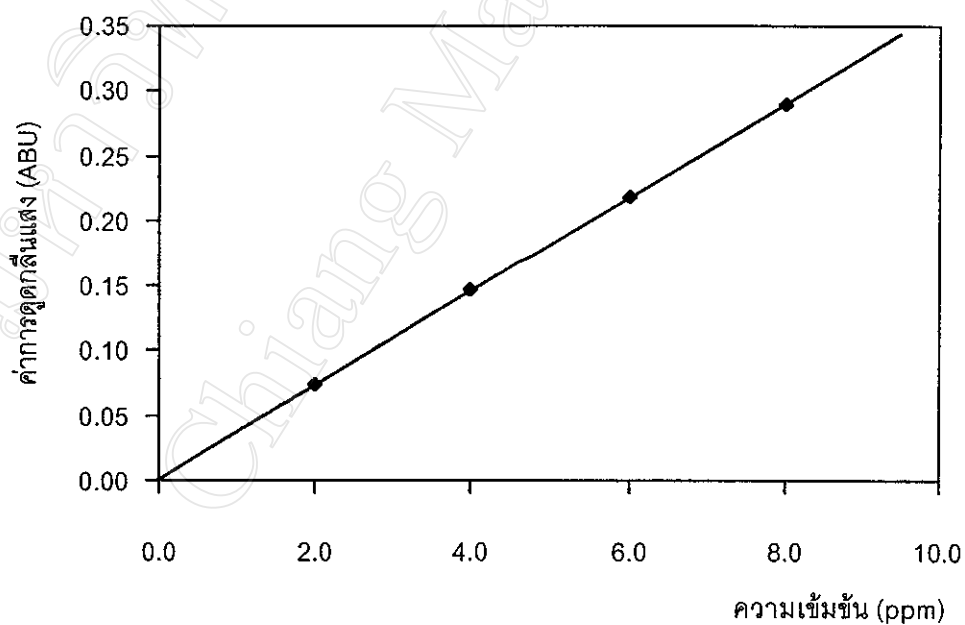
รูป 3.29 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ Cu^{2+} ที่ความยาวคลื่น 324.8 nm

3.4.2.2 กราฟมาตรฐานของ Cr^{3+}

ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย Cr^{3+} มาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เมื่อนำไปวัดด้วยเครื่อง AAS ได้ผลดังตาราง 3.22 และรูป 3.30 ตามลำดับ

ตาราง 3.22 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย Cr^{3+} มาตรฐานที่ความยาวคลื่น 357.9 nm

ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (ABU)
2.00	0.075
4.00	0.147
6.00	0.219
8.00	0.290



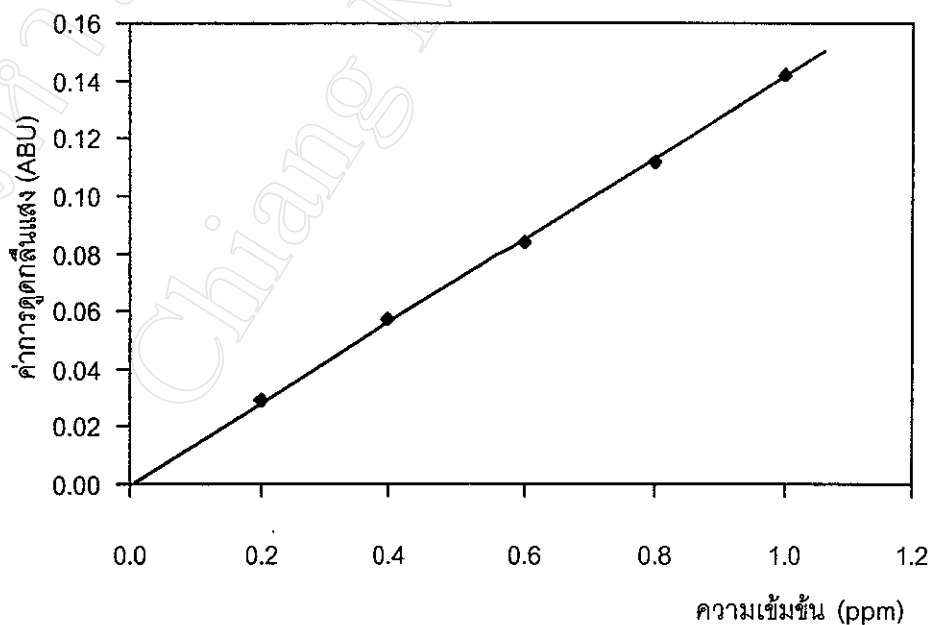
รูป 3.30 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ Cr^{3+} ที่ความยาวคลื่น 357.9 nm

3.4.2.3 กราฟมาตรฐานของ Ag^+

ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย Ag^+ มาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เมื่อนำไปวัดด้วยเครื่อง AAS ได้ผลดังตาราง 3.23 และรูป 3.31 ตามลำดับ

ตาราง 3.23 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย Ag^+ มาตรฐานที่ความยาวคลื่น 328.1 nm

ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (ABU)
0.20	0.029
0.40	0.057
0.60	0.084
0.80	0.112
1.00	0.142



รูป 3.31 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ Ag^+ ที่ความยาวคลื่น 328.1 nm

3.4.3 การหาปริมาณโลหะที่เคลือบผิวถ่านกัมมันต์โดยวิธีการดูดซับโดยตรง

เตรียมสารละลายผสมของไอออนโลหะทุกตัวกับไตรเอทิลีนไดอะมีนด้วยจำนวนโมลตามร้อยละการเคลือบผิวต่ำสุด (% minimum) และสูงสุด (% maximum) ที่อ้างอิงจากถ่านกัมมันต์ในหน้ากากป้องกันแก๊สพิษทางทหาร ดังตาราง 2.5 และ 2.6 โดยเตรียมสารละลายผสมที่มีจำนวนโมลเป็น 2 เท่าของสารละลายทุกตัว แบ่งสารละลายที่ได้เป็นสองส่วนจะได้ว่าแต่ละส่วนจะมีจำนวนโมลเท่ากับปริมาณโลหะที่เคลือบผิวพอดี จากนั้นเก็บส่วนที่หนึ่งไว้และนำส่วนที่สองไปเติมถ่านกัมมันต์ 1.0 กรัม นำเข้าเครื่องเขย่าเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดสมดุลการดูดซับ แล้วกรองถ่านกัมมันต์ออก ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน แล้วเจือจางสารละลายให้เป็น 500 ml โดยใช้ น้ำปราศจากไอออน นำสารละลายมาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะที่เหลืออยู่ โดยที่ให้เป็นสารละลาย หลังการดูดซับ ส่วนอีกครั้งหนึ่งนำมาเจือจางให้เป็น 500 ml เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะก่อนการดูดซับ และผลต่างของค่าการดูดกลืนแสงก่อนและหลังการดูดซับ นำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานของโลหะแต่ละชนิด จะได้ความเข้มข้นของสารละลายโลหะเป็น ppm ซึ่งสามารถคำนวณหาจำนวนโมลของโลหะที่เคลือบผิวถ่านกัมมันต์ได้ดังตาราง 3.24 – 3.25 เป็นค่าการทดลองชุดที่ 1 (% minimum) และตาราง 3.26 – 3.27 เป็นการทดลองชุดที่ 2 (% maximum)

ตาราง 3.24 ค่าการดูดกลืนแสงของไอออนโลหะ Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Ag^+ ก่อนและหลังการดูดซับของการทดลองชุดที่ 1

โลหะ	ค่าการดูดกลืนแสงก่อนการดูดซับ (ABU)				ค่าการดูดกลืนแสงหลังการดูดซับ (ABU)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
Cu^{2+}	0.224	0.226	0.225	0.225	0.174	0.174	0.176	0.175
Cr^{3+}	0.116	0.117	0.116	0.116	0.108	0.108	0.110	0.109
Ag^+	0.089	0.092	0.090	0.090	0.083	0.085	0.085	0.084

ตาราง 3.25 ผลต่างค่าการดูดกลืนแสง, ความเข้มข้น, จำนวนโมลและร้อยละของโลหะที่เคลือบผิวถ่านกัมมันต์ของการทดลองชุดที่ 1

	Cu^{2+}		Cr^{3+}		Ag^+	
	ค่าการดูดกลืนแสง (ABU)	ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (ABU)	ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (ABU)	ความเข้มข้น (ppm)
ก่อนการดูดซับ	0.225	2.54	0.116	3.18	0.090	0.64
หลังการดูดซับ	0.175	2.00	0.109	3.00	0.085	0.60
ผลต่างก่อนและหลังดูดซับ	0.050	0.54	0.007	0.18	0.006	0.04
จำนวนโมลที่เคลือบต่อกรัมถ่านกัมมันต์ (mol/g)	2.12×10^{-4}		1.73×10^{-5}		1.85×10^{-7}	
ร้อยละของโลหะที่เคลือบผิวถ่านกัมมันต์ (% W/W)	1.35		0.09		0.002	

ตาราง 3.26 ค่าการดูดกลืนแสงของไอออนโลหะ Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Ag^+ ก่อนและหลังการดูดซับของการทดลองชุดที่ 2

โลหะ	ค่าการดูดกลืนแสงก่อนการดูดซับ (ABU)				ค่าการดูดกลืนแสงหลังการดูดซับ (ABU)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
Cu^{2+}	0.334	0.338	0.336	0.336	0.302	0.306	0.302	0.303
Cr^{3+}	0.264	0.268	0.265	0.266	0.256	0.259	0.255	0.257
Ag^+	0.090	0.089	0.090	0.090	0.070	0.072	0.067	0.070

ตาราง 3.27 ผลต่างค่าการดูดกลืนแสง, ความเข้มข้น, จำนวนโมลและร้อยละของโลหะที่เคลือบผิวถ่านกัมมันต์ ของการทดลองชุดที่ 2

	Cu ²⁺		Cr ³⁺		Ag ⁺	
	ค่าการดูดกลืนแสง (ABU)	ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (ABU)	ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (ABU)	ความเข้มข้น (ppm)
ก่อนการดูดซับ	0.336	3.80	0.266	7.28	0.090	0.64
หลังการดูดซับ	0.303	3.43	0.257	7.04	0.070	0.50
ผลต่างก่อนและหลังดูดซับ	0.033	0.37	0.009	0.24	0.020	0.14
จำนวนโมลที่เคลือบต่อกรัมถ่านกัมมันต์ (mol/g)	1.45x10 ⁻⁴		2.31x10 ⁻⁵		6.49x10 ⁻⁷	
ร้อยละของโลหะที่เคลือบผิวถ่านกัมมันต์ (%W/W)	0.925		0.12		0.007	

3.4.4 การหาปริมาณโลหะที่เคลือบผิวถ่านกัมมันต์ด้วยเทคนิคการระเหยตัวทำละลาย

ทำการสกัดถ่านกัมมันต์ที่เคลือบผิวด้วยวิธีการระเหยตัวทำละลาย โดยนำถ่านกัมมันต์ที่เคลือบผิวแล้วมา 1.0 กรัม สกัดด้วย 20% HNO₃ ทำการรีฟลักซ์ แล้วนำสารละลายที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะที่เคลือบผิวอยู่จริง ส่วนสารละลายไอออนโลหะที่ไม่ได้เคลือบผิวที่ติดอยู่กับขวดระเหยก็นำมาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะได้เช่นกันโดยใช้ 20% HNO₃ ล้าง แล้วนำสารละลายมาวิเคราะห์เพื่อยืนยันปริมาณโลหะที่ใส่เข้าไปและที่เคลือบผิวอยู่จริง ได้ผลการทดลองทั้งสองชุด คือ ชุดที่ 1 (% minimum) และชุดที่ 2 (% maximum) ดังตาราง 3.28 – 3.31

ตาราง 3.28 ค่าการดูดกลืนแสงของไอออนโลหะ Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Ag^+ ที่สกัดจากถ่านกัมมันต์เคลือบผิวโดยวิธีระเหยตัวทำละลาย ของการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2

โลหะ	ค่าการดูดกลืนแสงการทดลองชุดที่ 1				ค่าการดูดกลืนแสงการทดลองชุดที่ 2			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
Cu^{2+}	0.201	0.208	0.210	0.206	0.315	0.316	0.321	0.317
Cr^{3+}	0.082	0.088	0.084	0.085	0.206	0.206	0.208	0.209
Ag^+	0.034	0.040	0.036	0.037	0.017	0.021	0.019	0.019

ตาราง 3.29 ค่าการดูดกลืนแสง, ความเข้มข้น, จำนวนโมลและร้อยละที่เคลือบผิวถ่านกัมมันต์ของการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2

	Cu^{2+}		Cr^{3+}		Ag^+	
	การทดลอง		การทดลอง		การทดลอง	
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2
ค่าการดูดกลืนแสง (ABU)	0.206	0.317	0.085	0.209	0.037	0.019
ความเข้มข้น (ppm)	2.32	3.58	2.33	5.75	0.26	0.14
จำนวนโมลที่เคลือบผิวถ่านกัมมันต์ 1 กรัม (mol/g)	9.13×10^{-4}	1.41×10^{-3}	2.24×10^{-4}	5.53×10^{-4}	1.22×10^{-6}	6.49×10^{-7}
ร้อยละของโลหะที่เคลือบผิวถ่านกัมมันต์ (% W/W)	5.80	8.95	1.16	2.88	0.013	0.007

ตาราง 3.30 ค่าการดูดกลืนแสง, ความเข้มข้น และจำนวนโมลที่เหลือจากการเคลือบผิว
ผ่านกัมมันต์โดยวิธีระเหยตัวทำละลายของการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2

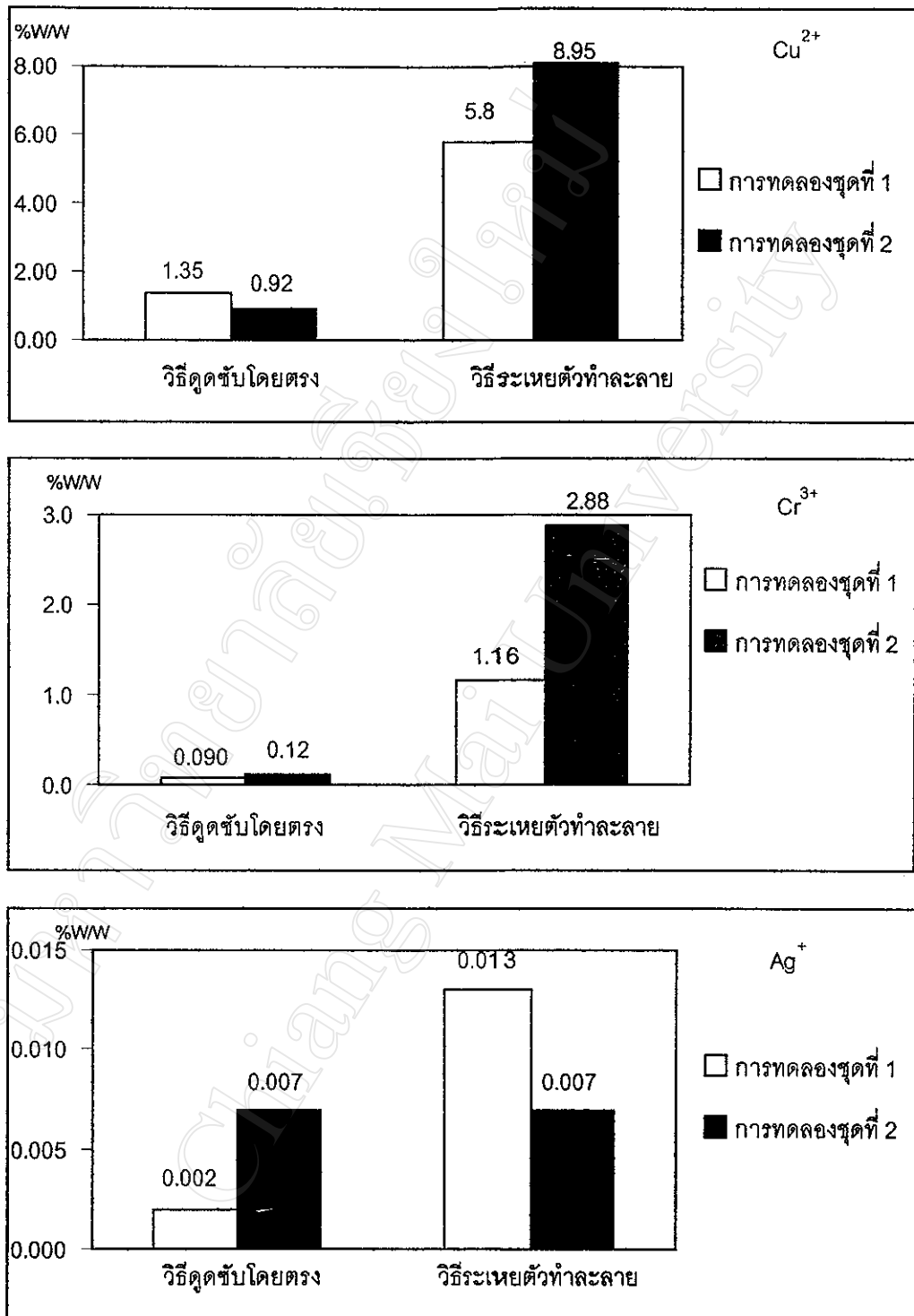
โลหะ	การทดลองชุดที่	ค่าการดูดกลืนแสง (ABU)				ความเข้มข้น (ppm)	จำนวนโมลที่เหลือ (mol/10g)	จำนวนโมลที่เหลือ (mol/g)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย			
Cu^{2+}	1	0.110	0.103	0.108	0.107	1.22	4.80×10^{-4}	4.80×10^{-5}
	2	0.085	0.088	0.090	0.088	0.96	3.78×10^{-4}	3.78×10^{-5}
Cr^{3+}	1	0.049	0.051	0.051	0.050	1.36	6.54×10^{-4}	6.54×10^{-5}
	2	0.085	0.086	0.083	0.085	2.32	1.12×10^{-3}	1.12×10^{-4}
Ag^+	1	0.054	0.052	0.048	0.051	0.35	1.67×10^{-5}	1.67×10^{-6}
	2	0.069	0.068	0.069	0.069	0.45	2.08×10^{-5}	2.08×10^{-6}

ตาราง 3.31 เปรียบเทียบร้อยละโดยมวลของโลหะที่เคลือบผิวผ่านกัมมันต์โดยวิธีการดูดซับ
โดยตรงกับวิธีระเหยตัวทำละลายในการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2

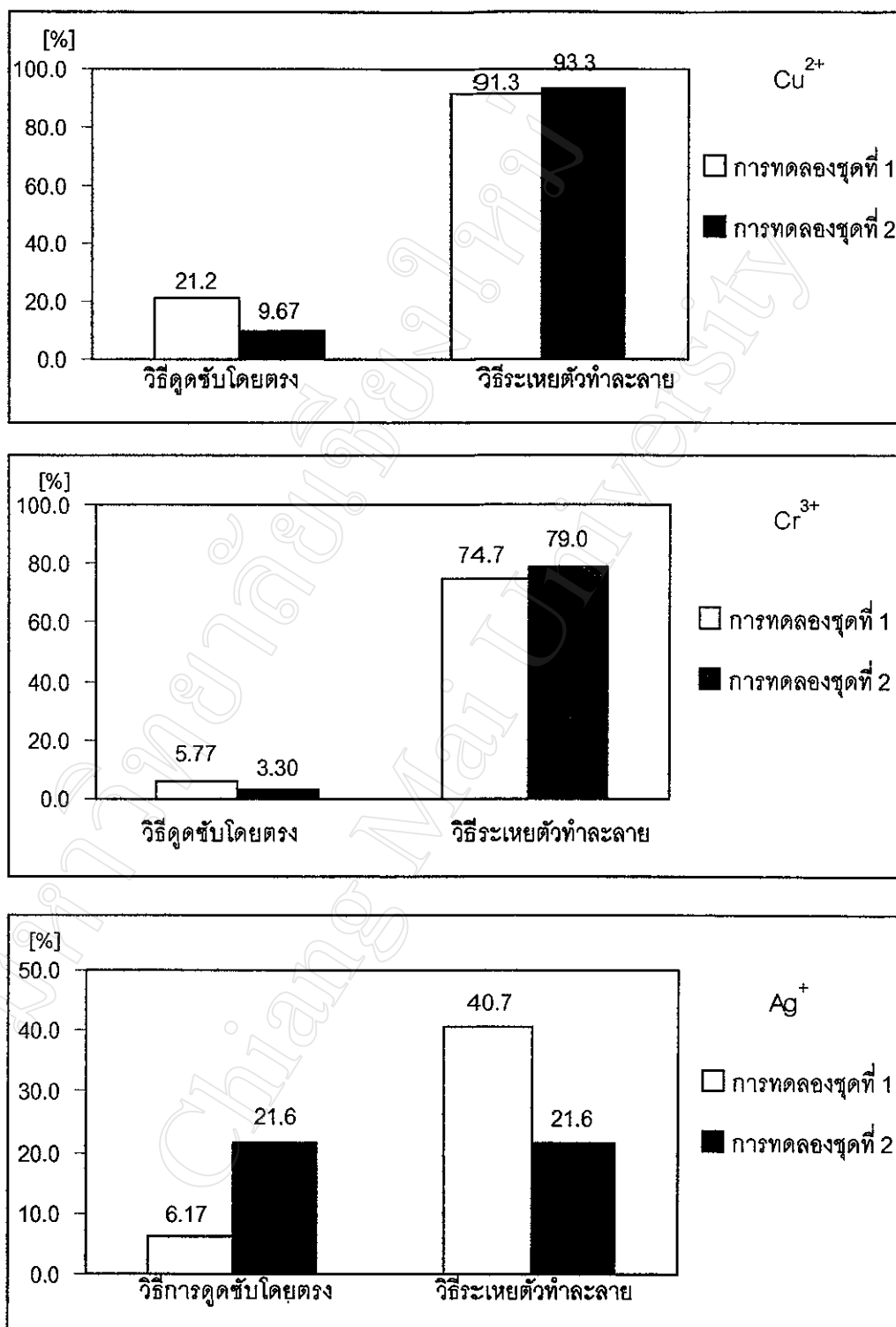
โลหะ	ปริมาณโลหะ (%W/W)			
	การทดลองชุดที่ 1		การทดลองชุดที่ 2	
	วิธีการดูดซับโดยตรง	วิธีการระเหยตัวทำละลาย	วิธีการดูดซับโดยตรง	วิธีการระเหยตัวทำละลาย
Cu^{2+}	1.35	5.80	0.925	8.95
Cr^{3+}	0.09	1.16	0.12	2.88
Ag^+	0.002	0.013	0.007	0.007

ตาราง 3.32 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเคลือบผิวในเทอมของร้อยละ โดยวิธีการดูดซับโดยตรง กับวิธีระเหยตัวทำละลาย โดยคิดจากปริมาณไอออนโลหะที่ใส่เข้าไป และปริมาณที่เคลือบผิวอยู่จริง ของการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2

โลหะ	ร้อยละการเคลือบผิว (%)			
	การทดลองชุดที่ 1		การทดลองชุดที่ 2	
	วิธีการดูดซับ โดยตรง	วิธีการระเหย ตัวทำละลาย	วิธีการดูดซับ โดยตรง	วิธีการระเหย ตัวทำละลาย
Cu^{2+}	21.2	91.3	9.67	93.3
Cr^{3+}	5.77	74.7	3.30	79.0
Ag^+	6.17	40.7	21.6	21.6



รูป 3.32 เปรียบเทียบร้อยละของโลหะ Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Ag^+ ที่เคลื่อนผ่านกัมมันต์ โดยวิธีวัดค่าโดยตรงกับวิธีระเหยตัวทำละลายของการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2



รูป 3.33 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการเคลื่อนตัวของโลหะ Ag^+ , Cu^{2+} และ Cr^{3+} ที่เคลื่อนตัวผ่านกัมมันต์ในเทอมของร้อยละ โดยวิธีดูดซับโดยตรงกับวิธีระเหยตัวทำละลาย ของการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2