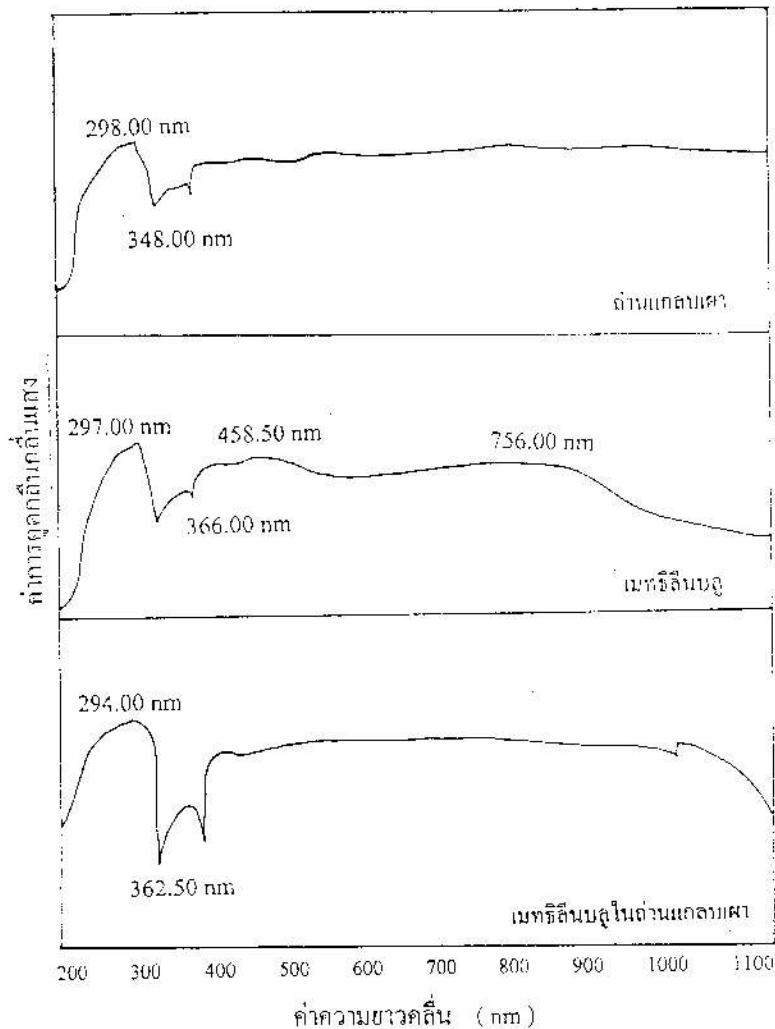




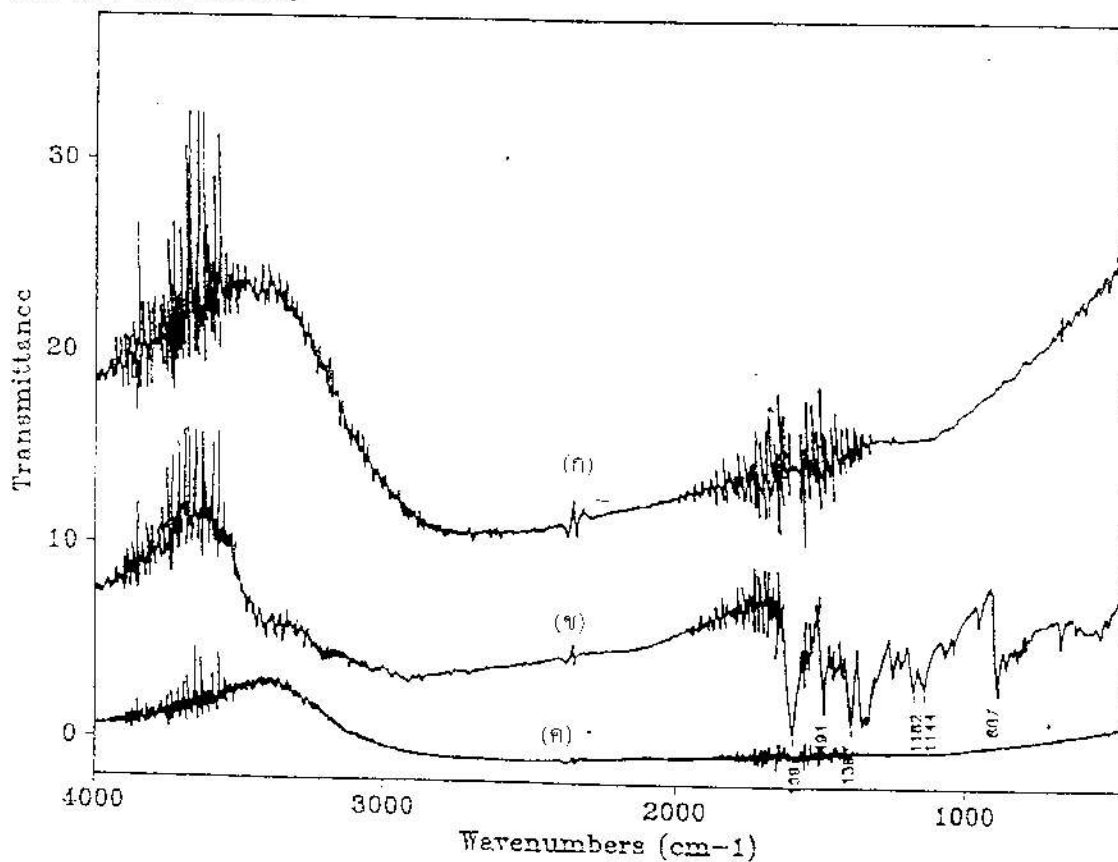
รูปที่ 3.12 แสดงรีเฟลกแตนซ์สเปกตรัมของด้านเกลบเผา เมทริลีนบลู และเมทริลีนบลูในด้านเกลบเผา

จากรูปที่ 3.12 เมื่อนำรีเฟลกแตนซ์สเปกตรัมของด้านเกลบเผา เมทริลีนบลู และเมทริลีนบลูในด้านเกลบเผาเปรียบเทียบกับสรุปได้ดังนี้ ในด้านเกลบเผาพบพีคในช่วงอัลตราไวโอเลตที่ 298.00 และ 348.00 นาโนเมตร ในช่วงวิสิเบิลเห็นพีคไม่ชัดเจนเนื่องจากว่าพีคที่ได้กว้างมาก ส่วนรีเฟลกแตนซ์สเปกตรัมของเมทริลีนบลูพบพีคในช่วง 290.00 366.00 นาโนเมตร และในช่วงวิสิเบิลพบพีคในช่วง 458.50 และ 756.00 นาโนเมตร เมื่อนำเมทริลีนบลูแช่ในด้านเกลบเผาจากรีเฟลกแตนซ์สเปกตรัมที่ได้พบว่าเหมือนรีเฟลกแตนซ์สเปกตรัมของด้านเกลบเผา และพบว่าพีคของเมทริลีนบลูที่ 756.00 นาโนเมตรกว้างมากขึ้น ทำให้เห็นไม่ชัดเจน

3.6.2 เทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี

ทำโดยนำสาร ไปบันทึกสเปกตรัมด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ผลดังรูปที่

3.13 3.14 3.15 และ 3.16



M

Res= 4cm-1

06/05/88 17:51

M1

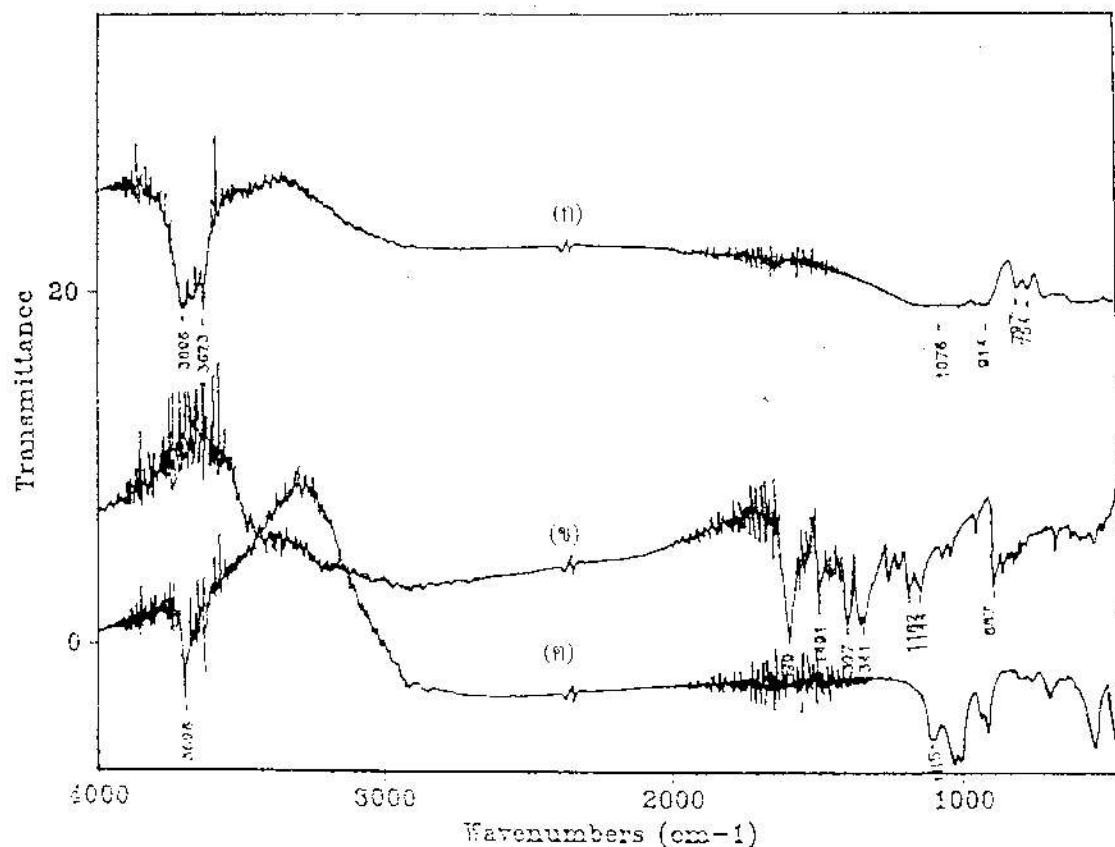
รูปที่ 3.13 แสดงฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของ

(ก) แก้วกันมันต์

(ข) เมทิลีนบลู

(ค) เมทิลีนบลูในแก้วกันมันต์

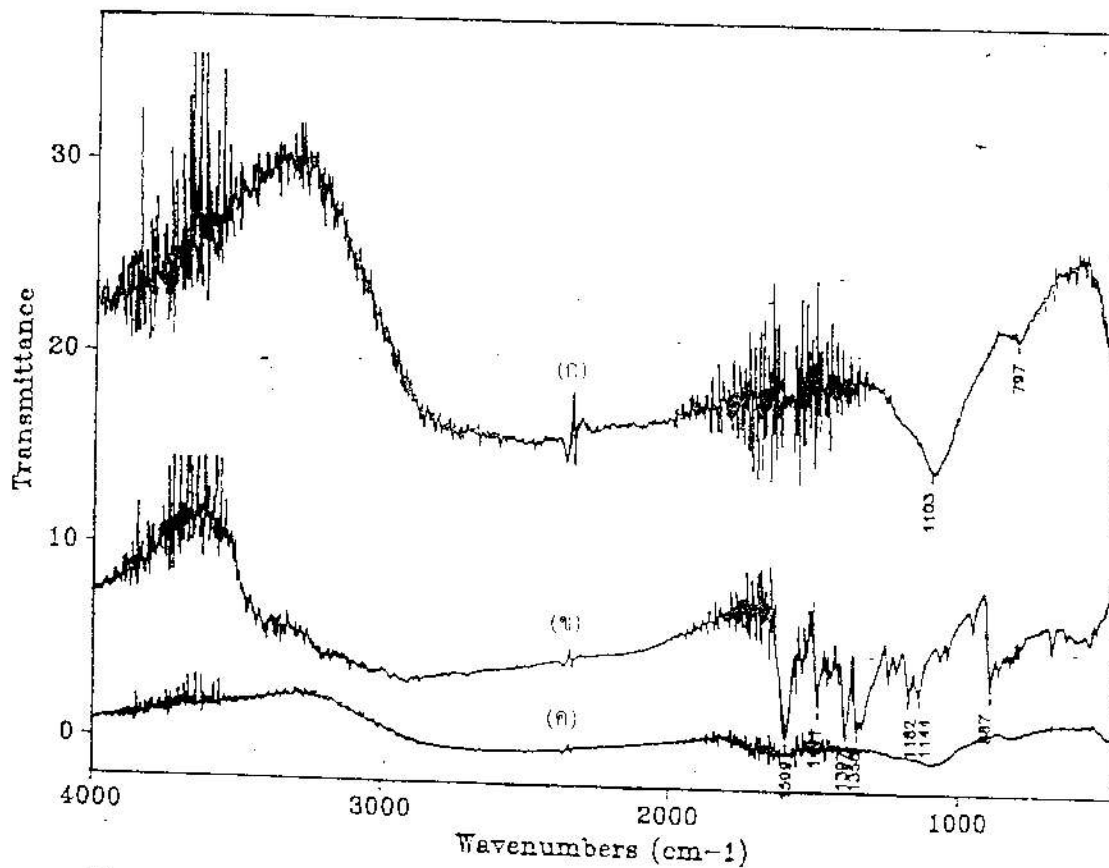
จากรูปที่ 3.13 เมื่อนำฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของแก้วกันมันต์ เมทิลีนบลู และเมทิลีนบลูในแก้วกันมันต์มาเปรียบเทียบกันสรุปได้ดังนี้ ในแก้วกันมันต์ไม่พบการสั่นแบบยืดหด (Stretching) ของ C-C ทั้งนี้เนื่องจากภายในโครงสร้างของแก้วกันมันต์เป็นสารจำพวกคาร์บอนอสัณฐาน มีแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นระหว่าง C-C ซึ่งเป็นแรงที่อ่อนมาก ส่วนฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของเมทิลีนบลูพบว่าเกิดการสั่นแบบยืดหดของ C-C C-N C=C และ C=N ที่ย่านความถี่ประมาณ 1182 1397 1491 และ 1599 cm^{-1} ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบการสั่นแบบโก่งงอ (Bending) ของ C-H ที่ย่านความถี่ประมาณ 887 cm^{-1} และเมื่อนำเมทิลีนบลูใส่ในแก้วกันมันต์ จากสเปกตรัมที่ได้พบว่าเหมือนสเปกตรัมของแก้วกันมันต์



รูปที่ 3.14 แสดงฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของ

- (ก) ดินขาว
- (ข) เมทิลีนบลู
- (ค) เมทิลีนบลูในดินขาว

จากรูปที่ 3.14 เมื่อนำฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของดินขาว เมทิลีนบลูและเมทิลีนบลูในดินขาว เปรียบเทียบกันสรุปได้ดังนี้ ในดินขาวพบว่าการสั่นแบบยืดหดของ Si-O-Si ที่ย่านความถี่ประมาณ 1076 cm^{-1} และเกิดการสั่นแบบโค้งงอของ Si-H และ O-H ที่ย่านความถี่ประมาณ 797 และ 914 cm^{-1} ตามลำดับ ส่วนฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของเมทิลีนบลู พบว่าการสั่นแบบยืดหดของ C-C C-N C=C และ C=N ที่ย่านความถี่ประมาณ 1182 1397 1491 และ 1599 cm^{-1} ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีการสั่นแบบโค้งงอของ C-H ที่ย่านความถี่ประมาณ 887 cm^{-1} และเมื่อนำเมทิลีนบลูในดินขาว จากสเปกตรัมที่ได้พบว่าแตกต่างไปจากสเปกตรัมของดินขาว พบพีกที่เพิ่มนี้เป็นพีกเดียวกันกับพีกของเมทิลีนบลู คือเกิดการสั่นแบบยืดหดของ C-C ที่ย่านความถี่ประมาณ 1182 cm^{-1} และการสั่นแบบโค้งงอของ C-H ที่ย่านความถี่ประมาณ 887 cm^{-1}



M-

Res= 4cm⁻¹

06/05/98 17:57

M1

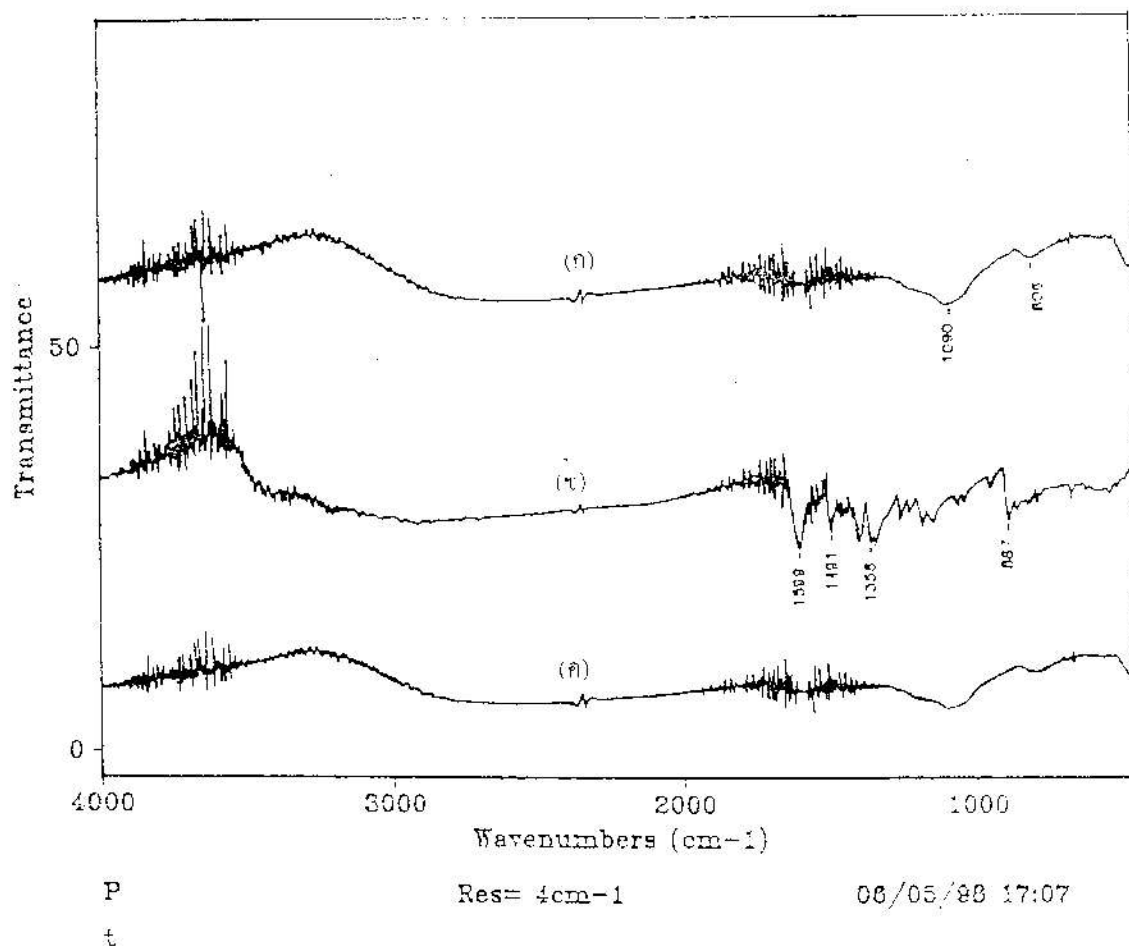
รูปที่ 3.15 แสดงฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของ

(ก) ด้านแกลบ

(ข) เมทิลีนบลู

(ค) เมทิลีนบลูในด้านการแกลบ

จากรูปที่ 3.15 เมื่อนำฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของด้านแกลบ เมทิลีนบลู และเมทิลีนบลูในด้านการแกลบเปรียบเทียบกันสรุปได้ดังนี้ ในด้านการแกลบพบว่าการสั่นแบบยืดหดของ Si-C และ C-C ที่ย่านความถี่ประมาณ 797 และ 1103 cm^{-1} ตามลำดับ ส่วนฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของเมทิลีนบลู พบว่าการสั่นแบบยืดหดของ C-C C-N C=C และ C=N ที่ย่านความถี่ประมาณ 1182 1397 1491 และ 1599 cm^{-1} ตามลำดับ และมีการสั่นแบบโค้งงอของ C-H ที่ย่านความถี่ประมาณ 887 cm^{-1} แต่เมื่อนำเมทิลีนบลูแช่ในด้านการแกลบ จากสเปกตรัมที่ได้พบว่าเหมือนสเปกตรัมของด้านแกลบ



รูปที่ 3.16 แสดงฟูรีเยร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของ

- (ก) ด้านเกลบเผา
- (ข) เมทิลีนบลู
- (ค) เมทิลีนบลูในด้านการเกลบเผา

จากรูปที่ 3.16 เมื่อนำฟูรีเยร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของด้านเกลบเผา เมทิลีนบลู และเมทิลีนบลูในด้านการเกลบเผาเปรียบเทียบกันสรุปได้ดังนี้ ในด้านการเกลบเผาพบว่าการสั่นแบบยืดหดของ Si-C และ C-C ที่ย่านความถี่ประมาณ 805 และ 1090 cm⁻¹ ตามลำดับ ส่วนฟูรีเยร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของเมทิลีนบลู พบว่าเกิดการสั่นแบบยืดหดของ C-C C-N C=C และ C=N ที่ย่านความถี่ประมาณ 1182 1397 1491 และ 1599 cm⁻¹ ตามลำดับ และพบการสั่นแบบโค้งงอของ C-H ที่ย่านความถี่ประมาณ 887 cm⁻¹ แต่เมื่อนำเมทิลีนบลูแช่ในด้านการเกลบเผา จากสเปกตรัมที่ได้พบว่าเหมือนสเปกตรัมของด้านเกลบเผา

3.7. การศึกษาพฤติกรรมการดูดซับของโลหะหนักบางชนิดในวัสดุดูดซับต่าง ๆ

ได้มีการนำเอาวัสดุดูดซับต่าง ๆ ได้แก่ ถ่านกัมมันต์ ดินขาว ถ่านแกลบ และถ่านแกลบเผา มาดูดซับโลหะไอออนที่มีประจุต่าง ๆ กัน ได้แก่ Cr^{3+} , Pb^{2+} และ Ag^+ เพื่อศึกษาว่ามีพฤติกรรมการดูดซับแตกต่างกันอย่างไร โดยดูจากชนิดของไอโซเทอร์ม โดยการศึกษาคล้ายคลึงกับการศึกษาของเมทธิลินบลู เช่น ศึกษาภาวะการทดลองที่เหมาะสมได้แก่

1. ช่วงความเข้มข้นของโลหะที่เหมาะสมกับน้ำหนักของวัสดุดูดซับ
2. เวลาของการดูดซับที่ถึงสมดุล
3. อุณหภูมิ

3.7.1. การศึกษาช่วงความเข้มข้นของโลหะหนักกับน้ำหนักของวัสดุดูดซับ

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักวัสดุดูดซับหนัก 0.0500 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียดใส่ลงในขวดรูปชมพู่
2. เปิดสารละลายโลหะเข้มข้นต่าง ๆ ดังตารางที่ 3.17 ปริมาตร 20 cm^3 ลงในวัสดุดูดซับ
3. นำสารละลายที่ได้ไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า ปรับอัตราการเขย่า 25 และตั้งอุณหภูมิที่ 30 $^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 20 นาที

ตารางที่ 3.17 แสดงข้อมูลประกอบการศึกษาความเข้มข้นของโลหะที่เหมาะสมกับน้ำหนักวัสดุดูดซับ

วัสดุดูดซับ	น้ำหนัก (g)	c(ppm)		
		Cr	Pb	Ag
ถ่านกัมมันต์	0.0500	1 20 50 100 150 200 300 350 400	50 100 150 200 250 300 350 400 450 500	1 5 10 20 50 80 100 120 150 200
ดินขาว	0.0500	1 5 10 20 50 100 150 200 250 300	2 5 10 50 80 100 150 200 250 300	1 5 10 20 50 80 100 120 150 200
ถ่านแกลบ	0.0500	1 5 10 20 50 100 150 200 250 300	5 10 50 80 100 150 200 250 300 350	1 5 10 20 50 80 100 120 150 200
ถ่านแกลบเผา	0.0500	1 5 10 20 50 100 150 200 250 300	5 10 50 80 100 150 200 250 300 350	1 5 10 20 50 80 100 120 150 200

4. นำสารละลายจากข้อ 3 มาปั่นเหวี่ยงและตั้งทิ้งไว้เปิดสารละลาย 10 cm^3 แล้วนำไปใส่

กรองด้วยกระดาษกรองปริมาณด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 25 cm^3 นำสารละลายที่ได้ไปวัด

ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอฟซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.18 โดยเลือกน้ำหนักของวัสดุดูดซับที่เหมาะสมคือ 0.0500 กรัม ส่วนความเข้มข้นของโลหะนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุดูดซับแต่ละชนิด

ตารางที่ 3.18 แสดงความเข้มข้นของโลหะที่เหมาะสมกับวัสดุดูดซับแต่ละชนิด

โลหะ	วัสดุดูดซับ			
	ถ่านกัมมันต์	ดินขาว	ถ่านแกลบ	ถ่านแกลบเผา
Cr	150	150	150	150
Pb	400	200	200	250
Ag	100	50	50	50

3.7.2. การศึกษาผลของเวลา

การศึกษาผลของเวลาต่อการดูดซับของโลหะ ไอออนในวัสดุดูดซับต่าง ๆ เพื่อหาการดูดซับที่ถึงสมดุล ทำได้ดังนี้

วิธีการทดลอง

ทำการทดลองคล้ายข้อ 3.7.1. แต่เปลี่ยนแปลงเวลาเขย่า ดังตารางที่ 3.19

ตารางที่ 3.19 แสดงข้อมูลประกอบการศึกษาผลของเวลา

วัสดุดูดซับ	โลหะ	c (ppm)	t (นาที)
ถ่านกัมมันต์	Cr	150	30 60 120 180 240 300 360 420 480 540
	Pb	400	30 60 120 180 240 300 360 420 480 540
	Ag	100	30 60 90 120 150 180 210 240 270 300
ดินขาว	Cr	150	1 3 5 10 15 20 25 30 45 60
	Pb	200	1 3 5 10 15 20 25 30 45 60
	Ag	50	1 5 10 15 20 25 30 40 50 60
ถ่านแกลบ	Cr	150	10 20 30 40 50 60 80 100 120 150
	Pb	200	10 20 30 40 50 60 80 100 120 150
	Ag	50	10 20 30 40 50 60 80 90 100 120
ถ่านแกลบเผา	Cr	150	10 20 40 50 60 80 100 120 150 180
	Pb	250	10 20 40 50 60 80 100 120 150 180
	Ag	50	10 20 30 40 50 60 80 90 100 120

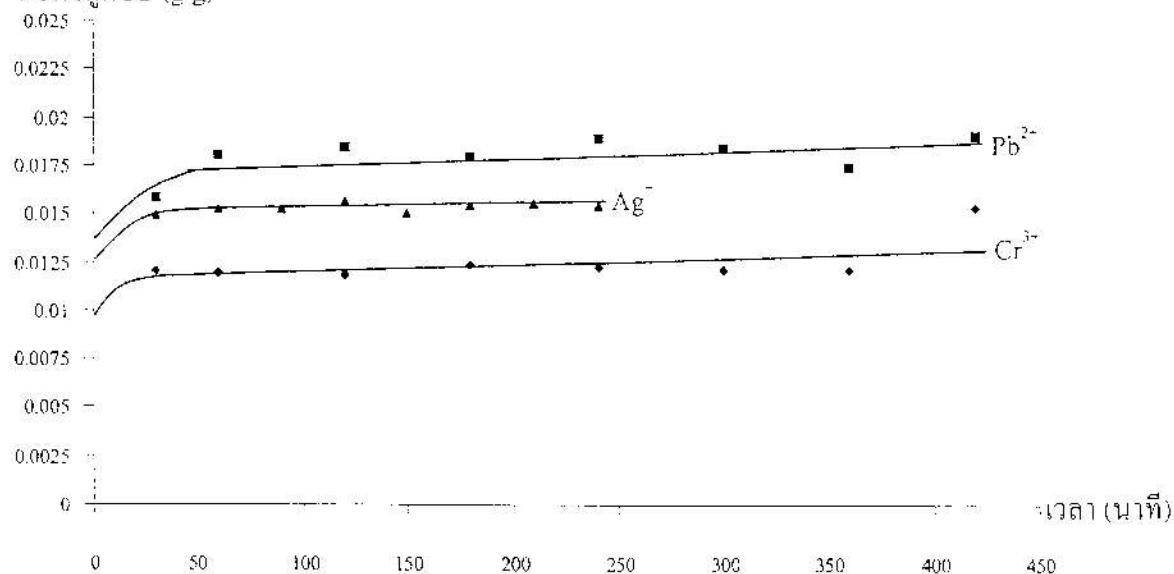
ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3.20 จากนั้นนำข้อมูลไปพลอตกราฟระหว่างปริมาณไฮดรอกไซด์ของโลหะหนักที่ถูกดูดซับต่อตัวดูดซับ (g/g) กับเวลา (นาท) ดังรูปที่ 3.17 3.18 3.19 และ 3.20

ตารางที่ 3.20 แสดงผลของเวลาที่มีต่อปริมาณโลหะหนักที่ถูกดูดซับต่อตัวดูดซับถ่านกัมมันต์ (g/g)

ถ่านกัมมันต์						ดินขาว					
t (นาท)			ปริมาณโลหะหนัก (g/g)			t (นาท)			ปริมาณโลหะหนัก (g/g)		
Cr	Pb	Ag	Cr	Pb	Ag	Cr	Pb	Ag	Cr	Pb	Ag
30	30	30	0.0120	0.0158	0.0149	1	1	1	0.0125	0.0020	0.0040
60	60	60	0.0119	0.0180	0.0152	3	3	5	0.0125	0.0030	0.0038
120	120	90	0.0118	0.0184	0.0152	5	5	10	0.0124	0.0030	0.0032
180	180	120	0.0123	0.0179	0.0156	10	10	15	0.0123	0.0035	0.0033
240	240	150	0.0122	0.0189	0.0150	15	15	20	0.0127	0.0025	0.0034
300	300	180	0.0121	0.0184	0.0154	20	20	25	0.0125	0.0037	0.0035
360	360	210	0.0121	0.0174	0.0155	25	25	30	0.0126	0.0034	0.0037
420	420	240	0.0153	0.0190	0.0154	30	30	40	0.0124	0.0035	0.0038
ถ่านแกลบ						ถ่านแกลบเผา					
t (นาท)			ปริมาณโลหะหนัก (g/g)			t (นาท)			ปริมาณโลหะหนัก (g/g)		
Cr	Pb	Ag	Cr	Pb	Ag	Cr	Pb	Ag	Cr	Pb	Ag
10	10	10	0.0125	0.0020	0.0047	10	10	10	0.0089	0.0109	0.0043
20	20	20	0.0123	0.0075	0.0044	20	20	20	0.0084	0.0147	0.0042
30	30	30	0.0123	0.0090	0.0045	40	40	30	0.0086	0.0144	0.0045
40	40	40	0.0122	0.0069	0.0046	50	50	40	0.0084	0.0159	0.0044
50	50	50	0.0121	0.0065	0.0048	60	60	50	0.0123	0.0154	0.0042
60	60	60	0.0123	0.0095	0.0047	80	80	60	0.0089	0.0155	0.0043
80	80	80	0.0123	0.0066	0.0041	100	100	80	0.0121	0.0142	0.0044
100	100	90	0.0121	0.0085	0.0044	120	120	90	0.0121	0.0144	0.0042

ปริมาณไอออนของโลหะหนักที่ถูกดูดซับ

ต่อตัวดูดซับ (g/g)

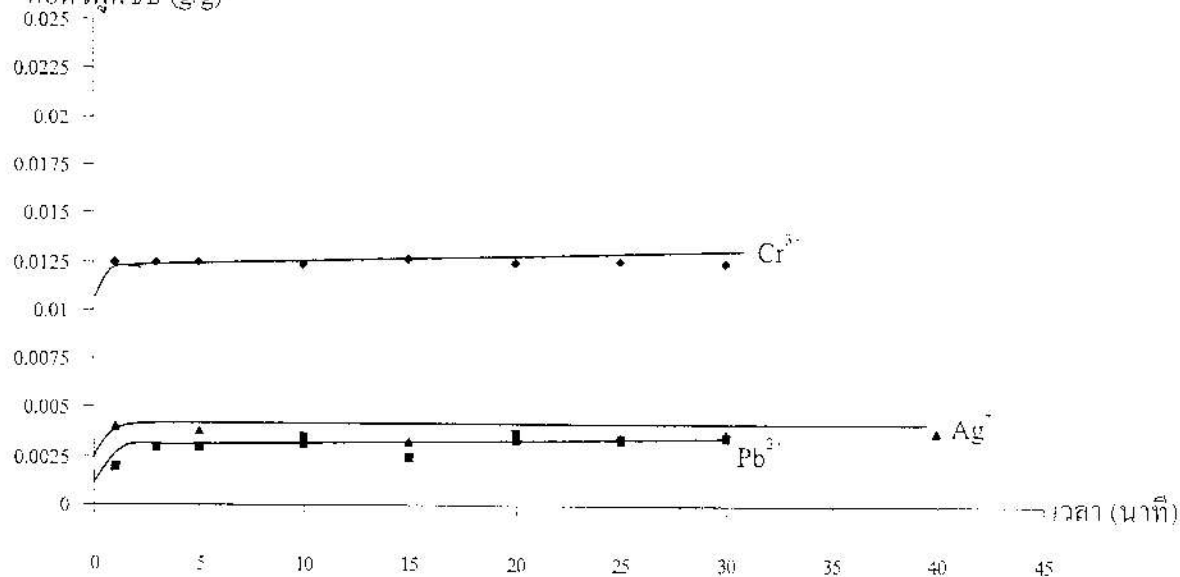


รูปที่ 3.17 แสดงผลของเวลาที่มีต่อการดูดซับไอออนของโลหะหนัก

ของถ่านกัมมันต์

ปริมาณไอออนของโลหะหนักที่ถูกดูดซับ

ต่อตัวดูดซับ (g/g)

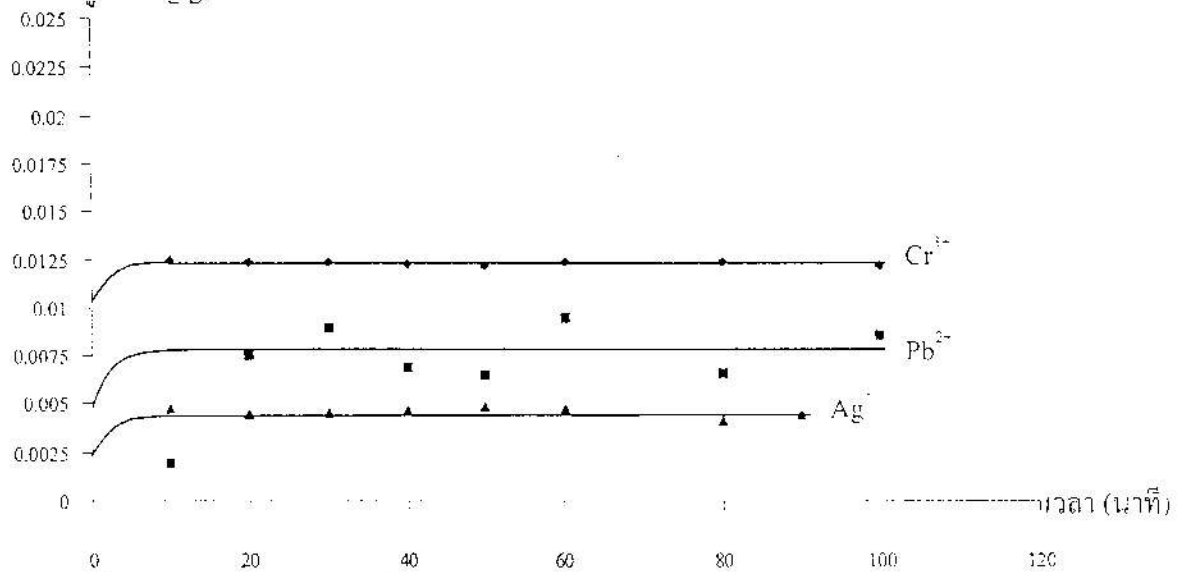


รูปที่ 3.18 แสดงผลของเวลาที่มีต่อการดูดซับไอออนของโลหะหนัก

ของดินขาว

ปริมาณไอออนของโลหะหนักที่ถูกดูดซับ

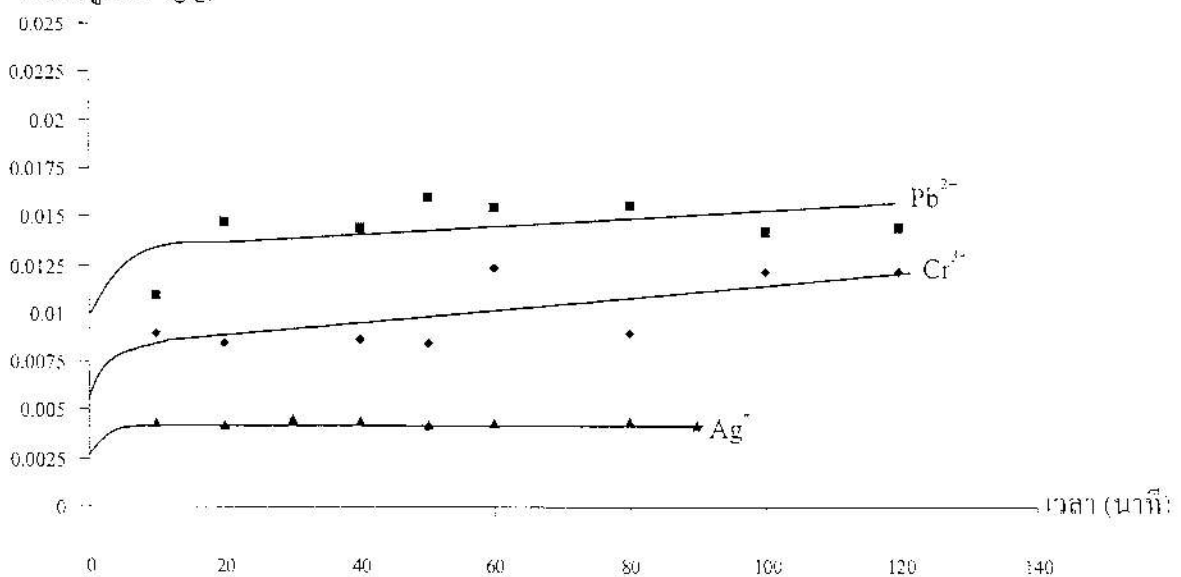
ต่อตัวดูดซับ (g/g)



รูปที่ 3.19 แสดงผลของเวลาที่มีต่อการดูดซับ ไอออนของโลหะหนัก
ของถ่านแกลบ

ปริมาณไอออนของโลหะหนักที่ถูกดูดซับ

ต่อตัวดูดซับ (g/g)



รูปที่ 3.20 แสดงผลของเวลาที่มีต่อการดูดซับ ไอออนของโลหะหนัก
ของถ่านแกลบเผา

จากกราฟที่ได้ในรูปที่ 3.17 3.18 3.19 และ 3.20 จะได้ว่าเวลาของการดูดซับเมื่อถึงสมดุลของโลหะในวัสดุดูดซับแต่ละชนิด สรุปดังแสดงในตารางที่ 3.21 ดังนี้

ตารางที่ 3.21 แสดงเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับโลหะหนัก

โลหะ	t(นาท)			
	ถ่านกัมมันต์	ดินขาว	ถ่านแกลบ	ถ่านแกลบเผา
Cr	60	30	30	30
Pb	240	20	60	60
Ag	60	30	30	30

3.7.3. การศึกษาผลของอุณหภูมิ

เนื่องจากอุณหภูมามีผลต่อการดูดซับจึงทำการทดลอง โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิวิธีการทดลอง

ทำการทดลองเหมือน 3.7.1. และเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นอุณหภูมิ 26 30 40 และ 50°C ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.22 จากนั้นพลอตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอออนของโลหะหนักที่ถูกดูดซับต่อตัวดูดซับ (g/g) กับอุณหภูมิ (°C) ผลดังรูปที่ 3.22 3.23 3.24 และ 3.25

ตารางที่ 3.22 แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณโลหะหนักที่ถูกดูดซับต่อตัวดูดซับแต่ละชนิด

(g/g)

วัสดุดูดซับ	T (°C)	ปริมาณ ไอออนที่ถูกดูดซับ		
		Cr	Pb	Ag
ถ่านกัมมันต์	26	0.0119	0.0144	0.0211
		1.19 [°]	1.44 [°]	2.11 [°]
	30	0.0113	0.0149	0.0211
		1.13 [°]	1.49 [°]	2.11 [°]
	40	0.0116	0.0149	0.0206
		1.16 [°]	1.49 [°]	2.06 [°]
	50	0.0122	0.0148	0.0209
		1.22 [°]	1.48 [°]	2.09 [°]

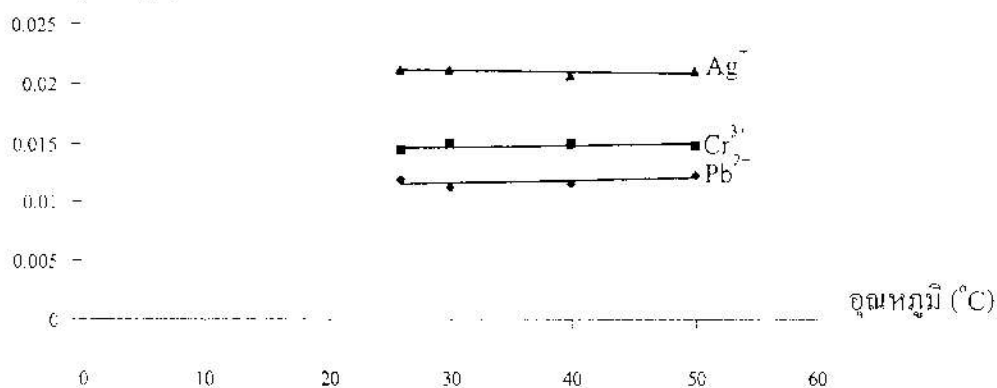
ตารางที่ 3.22 แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณโลหะหนักที่ถูกดูดซับต่อตัวดูดซับแต่ละชนิด
(g/g) (ต่อ)

วัสดุดูดซับ	T (°C)	ปริมาณไอออนที่ถูกดูดซับ		
		Cr	Pb	Ag
ดินขาว	26	0.0095	0.0020	0.0051
		0.95 [*]	0.20 [*]	0.51 [*]
	30	0.0092	0.0025	0.0061
		0.92 [*]	0.25 [*]	0.61 [*]
	40	0.0099	0.0018	0.0056
		0.99 [*]	0.18 [*]	0.56 [*]
	50	0.0098	0.0025	0.0051
		0.98 [*]	0.25 [*]	0.51 [*]
ถ่านแกลบ	26	0.0111	0.0024	0.0060
		1.11 [*]	0.24 [*]	0.60 [*]
	30	0.0096	0.0023	0.0057
		0.96 [*]	0.23 [*]	0.57 [*]
	40	0.0177	0.0019	0.0052
		1.17 [*]	0.19 [*]	0.52 [*]
	50	0.0102	0.0025	0.0057
		1.02 [*]	0.25 [*]	0.57 [*]
ถ่านแกลบเผา	26	0.0090	0.0051	0.0046
		0.90 [*]	0.51 [*]	0.46 [*]
	30	0.0115	0.0054	0.0049
		1.15 [*]	0.54 [*]	0.49 [*]
	40	0.0113	0.0050	0.0041
		1.13 [*]	0.50 [*]	0.41 [*]
	50	0.0115	0.0049	0.0042
		1.15 [*]	0.49 [*]	0.42 [*]

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีเครื่องหมาย * อยู่ข้างบนแสดงถึงค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับ

ปริมาณไอออนโลหะหนักที่ถูกดูดซับ

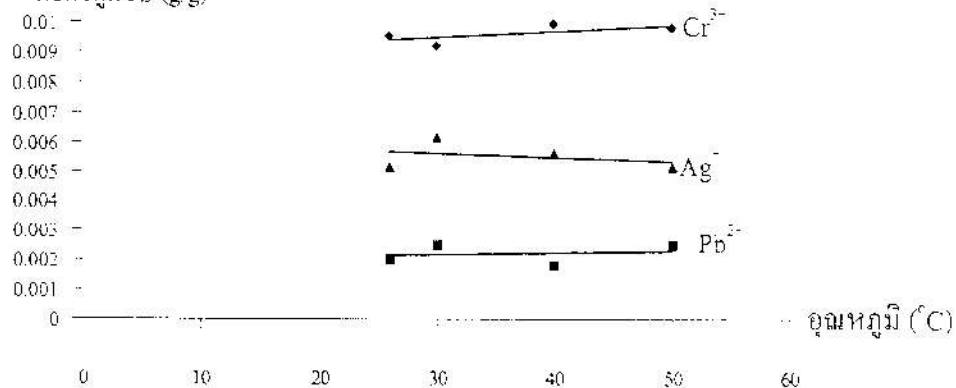
ต่อตัวดูดซับ (g/g)



รูปที่ 3.21 แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อการดูดซับไอออนของโลหะหนักของถ่านกัมมันต์

ปริมาณไอออนโลหะหนักที่ถูกดูดซับ

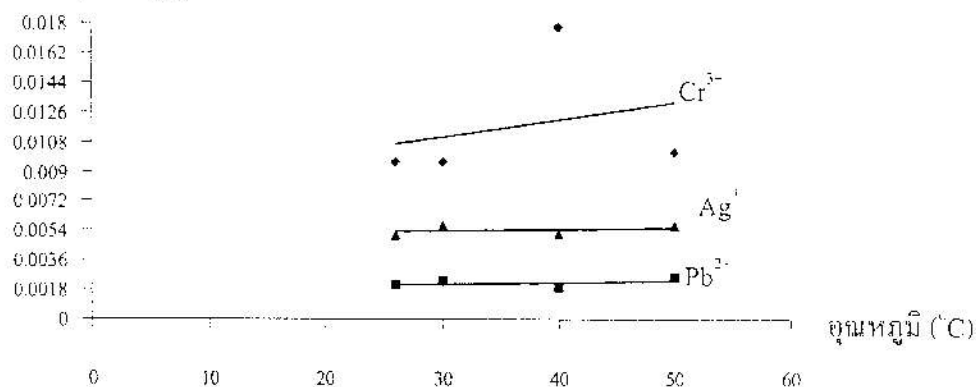
ต่อตัวดูดซับ (g/g)



รูปที่ 3.22 แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อการดูดซับไอออนของโลหะหนักของถ่านกัมมันต์

ปริมาณไอออนโลหะหนักที่ถูกดูดซับ

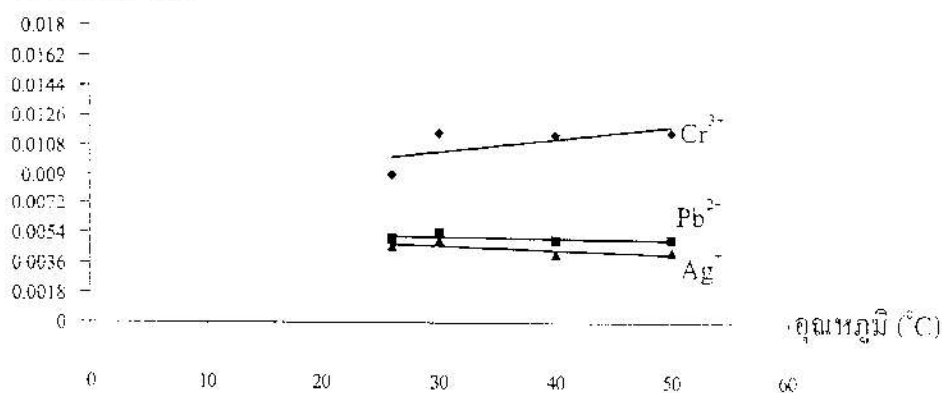
ต่อตัวดูดซับ (g/g)



รูปที่ 3.23 แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อการดูดซับไอออนของโลหะหนักของถ่านกัมมันต์

ปริมาณไอออนโลหะหนักที่ถูกดูดซับ

ต่อตัวดูดซับ (g/g)



รูปที่ 3.24 แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อการดูดซับไอออนของโลหะหนักของถ่านกัมมันต์

จากกราฟที่ได้ในรูปที่ 3.21 3.22 3.23 และ 3.24 จะได้ว่าอุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิห้องถึง 50 °C ไม่มีผลต่อการดูดซับโลหะหนักด้วยวัสดุดูดซับแต่ละชนิด อุณหภูมิที่ทำให้การดูดซับถึงสมดุลคือ 30 °C สรุปผลการทดลองที่เหมาะสมดังตารางที่ 3.23 เพื่อนำไปประกอบการศึกษาการสร้างไอโซเทอรัม

ตารางที่ 3.23 แสดงภาวะการทดลองที่เหมาะสมของโลหะหนักในวัสดุดูดซับต่าง ๆ

วัสดุดูดซับ	น้ำหนักวัสดุดูดซับ (g)			t (นาที)			T (°C)		
	Cr	Pb	Ag	Cr	Pb	Ag	Cr	Pb	Ag
ถ่านกัมมันต์	0.0500	0.0500	0.0500	60	240	60	30	30	30
ดินขาว	0.0500	0.0500	0.0500	30	20	30	30	30	30
ถ่านแกลบ	0.0500	0.0500	0.0500	30	60	30	30	30	30
ถ่านแกลบเผา	0.0500	0.0500	0.0500	30	60	30	30	30	30

3.7.4. การศึกษาไอโซเทอร์มของโลหะไอออนในวัสดุดูดซับต่าง ๆ

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักวัสดุดูดซับหนัก 0.0500 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียดใส่ลงในขวดรูปชมพู่
2. บีบอัดสารละลายโลหะเข้มข้นต่าง ๆ ดังตารางที่ 3.24 ปริมาตร 20 cm³ ลงในวัสดุดูดซับ
3. นำสารละลายที่ได้ไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าปรับอัตราการเขย่า 25 และตั้งอุณหภูมิที่ 30 °C เป็นเวลาต่าง ๆ ดังตารางที่ 3.24

ตารางที่ 3.24 แสดงข้อมูลประกอบการทดลองในการศึกษาการสร้างไอโซเทอร์ม

วัสดุดูดซับ	t (นาที)			c (ppm)		
	Cr	Pb	Ag	Cr	Pb	Ag
ถ่านกัมมันต์	60	240	60	25 - 160	150 - 550	10 - 200
ดินขาว	30	20	30	10 - 160	6 - 400	10 - 200
ถ่านแกลบ	30	60	30	10 - 160	50 - 500	10 - 200
ถ่านแกลบเผา	30	60	30	10 - 160	80 - 500	10 - 200

4. นำสารละลายจากข้อ 3 มาปั่นเหวี่ยง และตั้งทิ้งไว้ บีบอัดสารละลาย 10 cm³ แล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรองปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 25 cm³ นำสารละลายที่ได้ไปวัดด้วยเครื่องอะตอมมิกแอพซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.25 และพลอตกราฟระหว่างปริมาณไอออนของโลหะหนักที่ถูกดูดซับต่อตัวดูดซับ (g/g) กับความเข้มข้นของสารละลายโลหะหนัก (ppm) ที่จุดสมดุล ดังรูปที่ 3.25 3.26 3.27 และ 3.28

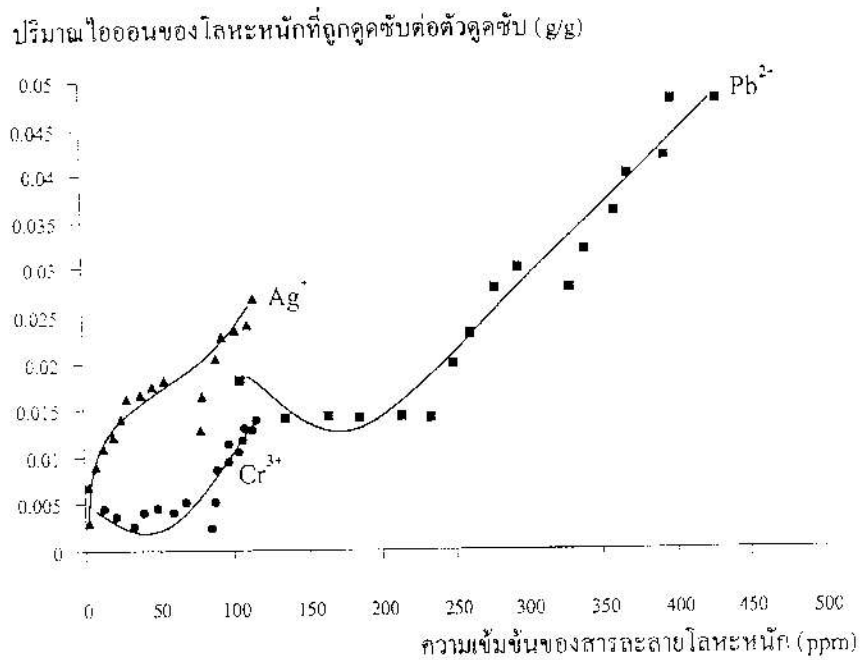
ตารางที่ 3.25 แสดงข้อมูลประกอบในการสร้างไอโซเทอร์มของโลหะหนักในวัสดุอุจขัณฑ์แต่ละชนิด

ถ่านกัมมันต์						ดินขาว					
c(ppm)			ปริมาณไอออน(g/g)			c(ppm)			ปริมาณไอออน (g/g)		
Cr	Pb	Ag	Cr	Pb	Ag	Cr	Pb	Ag	Cr	Pb	Ag
13.75	105.00	2.75	0.0045(0.45)	0.0180(1.80)	0.0029(0.29)	8.75	1.00	3.00	0.0005(0.05)	0.0020(0.20)	0.0028(0.28)
21.25	135.00	3.00	0.0035(0.35)	0.0140(1.40)	0.0068(0.68)	18.75	1.50	8.75	0.0005(0.05)	0.0034(0.34)	0.0045(0.45)
33.75	164.50	7.75	0.0025(0.25)	0.0142(1.42)	0.0089(0.89)	28.75	3.25	18.75	0.0005(0.05)	0.0067(0.67)	0.0045(0.45)
40.00	185.25	13.00	0.0040(0.40)	0.0139(1.39)	0.0108(1.08)	39.75	15.25	20.00	0.0001(0.01)	0.0059(0.59)	0.0080(0.80)
48.75	214.75	20.00	0.0045(0.45)	0.0141(1.41)	0.0120(1.20)	48.50	40.00	33.75	0.0006(0.06)	0.0040(0.40)	0.0065(0.65)
60.00	235.25	25.00	0.0040(0.40)	0.0139(1.39)	0.0140(1.40)	58.75	75.00	43.75	0.0005(0.05)	0.0020(0.20)	0.0065(0.65)
67.50	250.50	29.75	0.0050(0.50)	0.0198(1.98)	0.0161(1.61)	62.50	85.00	55.00	0.0030(0.30)	0.0060(0.60)	0.0060(0.60)
84.25	263.00	38.75	0.0023(0.23)	0.0228(2.28)	0.0165(1.65)	71.25	112.50	67.25	0.0035(0.35)	0.0070(0.70)	0.0051(0.51)
87.50	280.50	46.75	0.0050(0.50)	0.0278(2.78)	0.0173(1.73)	84.50	135.00	75.50	0.0022(0.22)	0.0060(0.60)	0.0058(0.58)
88.75	295.50	54.75	0.0085(0.85)	0.0298(2.98)	0.0181(1.81)	91.25	152.50	81.75	0.0035(0.35)	0.0070(0.70)	0.0073(0.73)
96.50	330.75	78.25	0.0094(0.94)	0.0277(2.77)	0.0127(1.27)	94.00	180.00	85.50	0.0064(0.64)	0.0080(0.80)	0.0098(0.98)
96.75	340.75	79.25	0.0113(1.13)	0.0317(3.17)	0.0163(1.63)	101.50	205.25	96.25	0.0074(0.74)	0.0099(0.99)	0.0095(0.95)
104.00	360.75	89.00	0.0104(1.04)	0.0357(3.57)	0.0204(2.04)	105.25	225.25	109.50	0.0099(0.99)	0.0099(0.99)	0.0122(1.22)
105.75	370.25	93.50	0.0117(1.17)	0.0399(3.99)	0.0226(2.26)	112.50	240.00	115.50	0.0090(0.90)	0.0120(1.20)	0.0140(1.40)
107.75	395.75	101.50	0.0129(1.29)	0.0417(4.17)	0.0234(2.34)	113.25	262.75	129.00	0.0107(1.07)	0.0149(1.49)	0.0124(1.24)
113.25	401.00	110.25	0.0127(1.27)	0.0476(4.76)	0.0239(2.39)	115.75	285.00	133.00	0.0117(1.17)	0.0180(1.80)	0.0148(1.48)
115.50	431.00	113.50	0.0138(1.38)	0.0476(4.76)	0.0266(2.66)	122.50	295.00	143.25	0.0110(1.10)	0.0220(2.20)	0.0147(1.47)
120.25	-	122.75	0.0139(1.39)	-	0.0269(2.69)	123.75	315.50	148.75	0.0125(1.25)	0.0218(2.18)	0.0165(1.65)
121.50	-	130.50	0.0154(1.54)	-	0.0278(2.78)	127.75	345.00	151.50	0.0129(1.29)	0.0220(2.20)	0.0194(1.94)

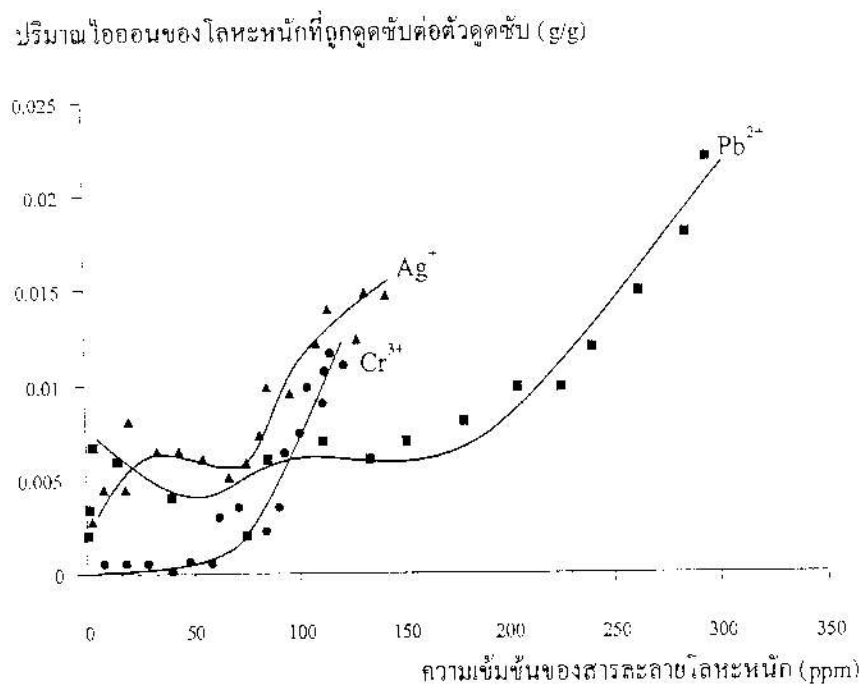
ตารางที่ 3.25 แสดงข้อมูลประกอบในการสร้างไอโซเทอร์มของโลหะหนักในวัสดุดูดซับ (ต่อ)
แต่ละชนิด

ด้านแคลบ						ด้านแคลบผา					
c(ppm)			ปริมาณไอออน(g/g)			c(ppm)			ปริมาณไอออน (g/g)		
Cr	Pb	Ag	Cr	Pb	Ag	Cr	Pb	Ag	Cr	Pb	Ag
8.75	27.75	3.25	0.0009(0.05)	0.0089(0.89)	0.0027(0.27)	8.50	55.25	3.00	0.0006(0.06)	0.0099(0.99)	0.0028(0.28)
17.50	65.00	6.25	0.0010(0.10)	0.0060(0.60)	0.0055(0.55)	17.25	72.50	9.00	0.0011(0.11)	0.0090(0.90)	0.0044(0.44)
27.50	99.00	12.75	0.0010(0.10)	0.0040(0.40)	0.0069(0.69)	27.50	105.00	14.00	0.0010(0.10)	0.0060(0.60)	0.0064(0.64)
37.50	105.00	23.75	0.0010(0.10)	0.0060(0.60)	0.0065(0.65)	34.75	127.50	23.25	0.0021(0.21)	0.0090(0.90)	0.0063(0.63)
45.00	132.50	33.25	0.0020(0.20)	0.0070(0.70)	0.0067(0.67)	40.00	150.25	45.00	0.0040(0.40)	0.0079(0.79)	0.0020(0.20)
50.00	149.00	39.00	0.0040(0.40)	0.0089(0.89)	0.0084(0.84)	49.50	175.25	48.75	0.0042(0.42)	0.0099(0.99)	0.0045(0.45)
60.00	180.00	51.25	0.0040(0.40)	0.0080(0.80)	0.0075(0.75)	60.00	200.25	55.50	0.0040(0.40)	0.0079(0.79)	0.0058(0.58)
65.75	200.25	64.00	0.0045(0.45)	0.0079(0.79)	0.0064(0.64)	67.25	220.25	66.25	0.0051(0.51)	0.0119(1.19)	0.0050(0.50)
82.50	227.75	73.75	0.0030(0.30)	0.0089(0.89)	0.0065(0.65)	82.25	235.00	74.00	0.0031(0.31)	0.0140(1.40)	0.0064(0.64)
84.00	250.00	78.00	0.0064(0.64)	0.0080(0.80)	0.0088(0.88)	84.25	260.25	87.50	0.0063(0.63)	0.0159(1.59)	0.0050(0.50)
93.75	272.75	84.75	0.0065(0.65)	0.0109(1.09)	0.0101(1.01)	89.75	280.25	92.25	0.0081(0.81)	0.0159(1.59)	0.0073(0.73)
96.50	285.25	96.75	0.0094(0.94)	0.0139(1.39)	0.0093(0.93)	96.50	305.25	102.50	0.0094(0.94)	0.0179(1.79)	0.0090(0.90)
104.00	310.25	113.50	0.0104(1.04)	0.0159(1.59)	0.0090(0.90)	105.00	312.75	111.50	0.0100(1.00)	0.0229(2.29)	0.0114(1.14)
110.25	330.50	120.75	0.0099(0.99)	0.0158(1.58)	0.0117(1.17)	112.00	355.25	120.25	0.0092(0.92)	0.0179(1.79)	0.0119(1.19)
112.75	362.75	130.75	0.0109(1.09)	0.0149(1.49)	0.0117(1.17)	112.48	367.75	130.00	0.0109(1.09)	0.0209(2.09)	0.0120(1.20)
115.00	375.25	133.50	0.0120(1.20)	0.0179(1.79)	0.0146(1.46)	115.50	397.50	135.00	0.0118(1.18)	0.0210(2.10)	0.0140(1.40)
117.50	400.50	136.75	0.0130(1.30)	0.0198(1.98)	0.0161(1.61)	119.75	410.00	139.75	0.0121(1.21)	0.0240(2.40)	0.0161(1.61)
122.75	425.25	145.75	0.0129(1.29)	0.0259(2.59)	0.0177(1.77)	122.75	427.50	152.00	0.0129(1.29)	0.0290(2.90)	0.0152(1.52)
126.25	430.50	152.50	0.0135(1.35)	0.0278(2.78)	0.0190(1.90)	126.50	-	157.25	0.0134(1.34)	-	0.0171(1.71)

หมายเหตุ: ตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บแสดงถึงค่าของเปอร์เซ็นต์การดูดซับ

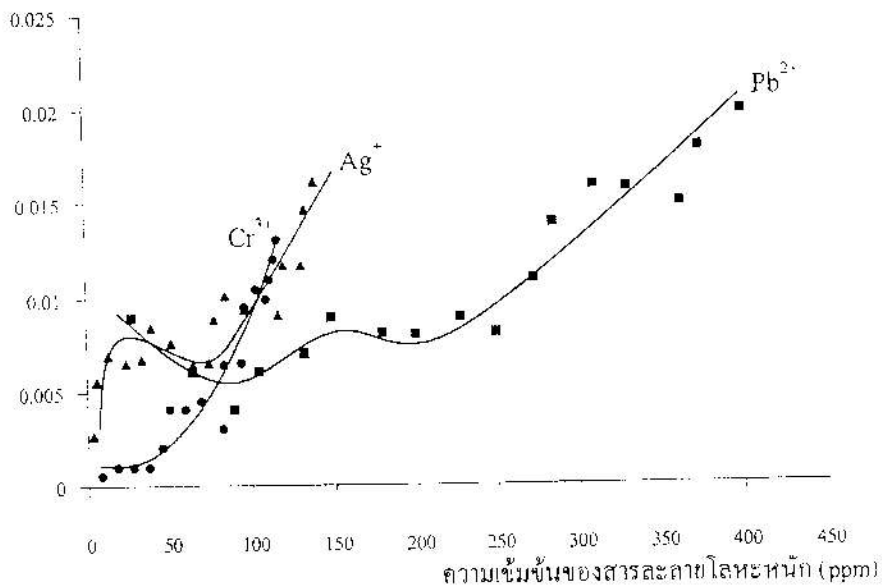


รูปที่ 3.25 แสดงไอโซเทอร์มของโลหะหนักบนถ่านกัมมันต์



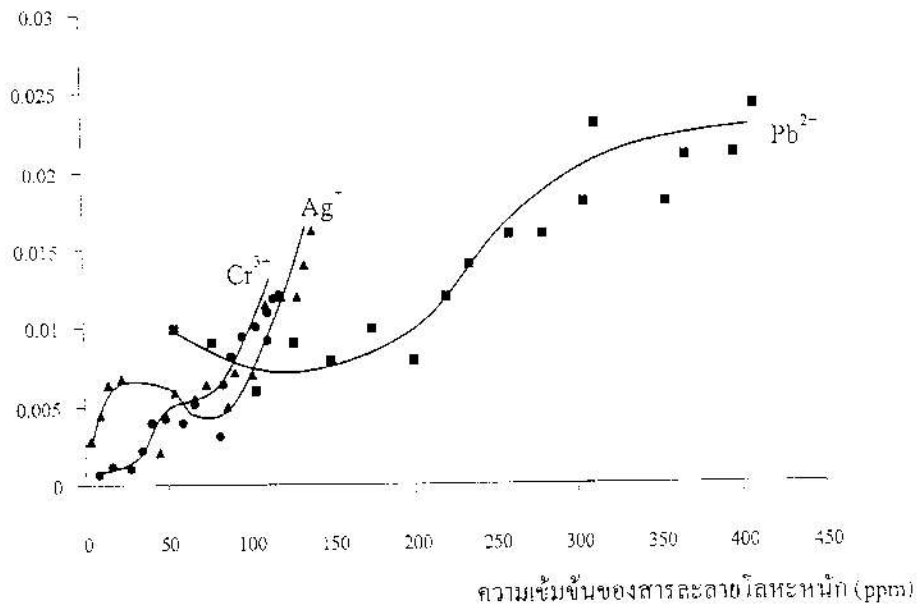
รูปที่ 3.26 แสดงไอโซเทอร์มของโลหะหนักบนดินขาว

ปริมาณไอออนของโลหะหนักที่ถูกดูดซับต่อตัวดูดซับ (g/g)



รูปที่ 3.27 แสดงไอโซเทอรัมของโลหะหนักบนถ่านแกลบ

ปริมาณไอออนของโลหะหนักที่ถูกดูดซับต่อตัวดูดซับ (g/g)



รูปที่ 3.28 แสดงไอโซเทอรัมของโลหะหนักบนถ่านแกลบเผา

จากรูปที่ 3.25 3.26 3.27 และ 3.28 เมื่อพิจารณาชนิดของไอโซเทอรัมตามแบบของไกลส์และคณะพบว่าโลหะโครเมียม ตะกั่ว ในวัสดุดูดซับแต่ละชนิดได้ไอโซเทอรัมชนิดเอส (S-Type) ส่วนเงินในทุกวัสดุดูดซับได้ไอโซเทอรัมชนิดแอล (L-Type)

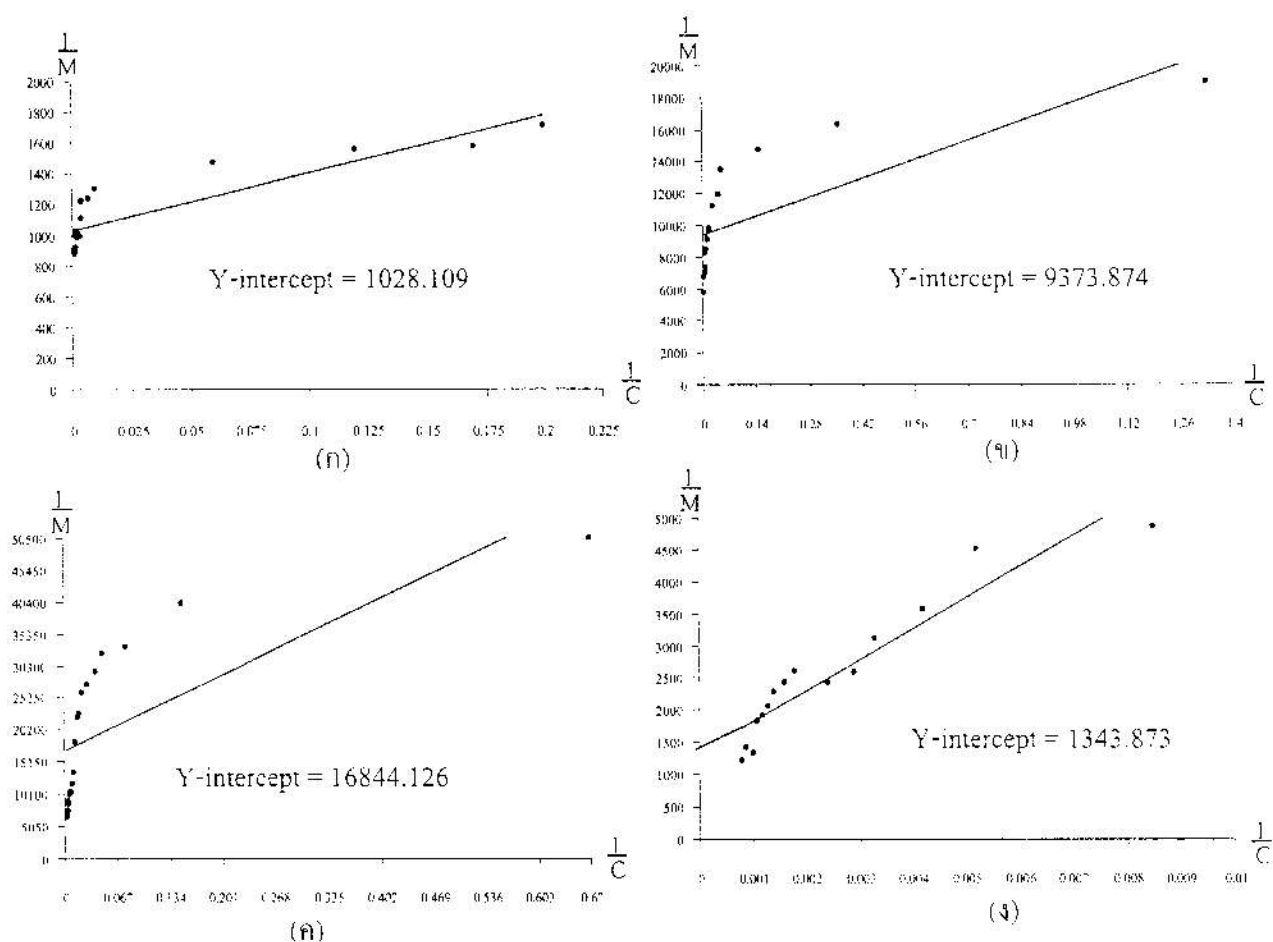
3.8. การคำนวณหาพื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุดูดซับ

จากการศึกษาการดูดซับของเมทิลีนบลูในวัสดุดูดซับต่าง ๆ จะได้ไอโซเทอรั่มดังรูปที่ 3.5 3.6 3.7 และ 3.8 จากไอโซเทอรั่มที่ได้ให้พลอตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{1}{M}$ กับ $\frac{1}{C}$ จากกราฟจุดตัดแกน $\frac{1}{M}$ คือค่า $\frac{1}{M_{\max}}$ ซึ่งทำให้ทราบถึงค่า $M_{\max}$ ซึ่งเป็นค่าจำนวนโมลของตัวดูดซับที่สามารถปกคลุมผิวหน้าทั้งหมดของหนึ่งหน่วยน้ำหนักของสารดูดซับ (mol/g)

M เป็นค่าจำนวนโมลของตัวถูกดูดซับต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของสารดูดซับ (mol/g)

C เป็นค่าความเข้มข้นของสารละลายที่จุดสมดุล (ppm)

ซึ่งสามารถแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{1}{M}$ กับ $\frac{1}{C}$ ของการดูดซับสีกเมทิลีนบลูบนวัสดุดูดซับชนิดต่าง ๆ ได้ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{1}{M}$ กับ $\frac{1}{C}$ ของการดูดซับสีกเมทิลีนบลูบนวัสดุดูดซับต่าง ๆ

(ก) ถ่านกัมมันต์

(ข) ดินขาว

(ค) ถ่านแกลบ

(ง) ถ่านแกลบเผา

จากรูป 3.29 ได้ค่า $\frac{1}{M_{\max}}$ ในการดูดซับสี่เมทธิลีนบลูบนวัสดุดูดซับถ่านกัมมันต์ ดินขาว ถ่านแกลบ ถ่านแกลบเผา ดังนี้ คือ 1028.109 9373.874 16844.126 และ 1343.873 $\text{mol}^{-1} \text{g}$ ตามลำดับ ดังนั้น $M_{\max}$ ของการดูดซับสี่เมทธิลีนบลูบนวัสดุดูดซับถ่านกัมมันต์ ดินขาว ถ่านแกลบ และถ่านแกลบเผา มีค่าดังนี้คือ 9.727×10^{-4} 1.067×10^{-4} 5.937×10^{-5} และ 7.441×10^{-4}

จากค่า $M_{\max}$ ที่หาได้ นำไปแทนค่าในสมการคำนวณหาพื้นที่ผิวจำเพาะของสารดูดซับ โดยใช้วิธีการดูดซับสี่ได้ดังนี้

$$S = M_{\max} \cdot N \cdot \frac{s}{n}$$

เมื่อ S คือ พื้นที่ผิวจำเพาะของตัวดูดซับ (m^2/g)

N คือ เลขอาโวกาโดรมีค่าเท่ากับ 6.02×10^{23} โมเลกุล

n คือ จำนวนการรวมกลุ่มเป็นไมเซลล์เล็กๆ ของสี (ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.5 สำหรับเมทธิลีนบลู)

s คือ พื้นที่ที่ถูกปกคลุมด้วยไอออนของสี 1 โมเลกุล (ซึ่งมีค่าเท่ากับ $120 (\text{\AA})^2$ สำหรับเมทธิลีนบลู)

$M_{\max}$ คือ จำนวนโมลของสีต่อกรัมของตัวดูดซับที่เพียงพอต่อการสร้างชั้นการดูดซับแบบชั้นเดียว (mol/g)

แทนค่า $M_{\max}$ ของการดูดซับเมทธิลีนบลูบนถ่านกัมมันต์ในสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned} S &= 9.727 \times 10^{-4} \times 6.02 \times 10^{23} \times \frac{120 \times 10^{-20}}{2.5} \text{ m}^2/\text{g} \\ &= 280.944 \text{ m}^2/\text{g} \end{aligned}$$

∴ พื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์มีค่าเท่ากับ 336.00 m^2/g

การคำนวณหาพื้นที่ผิวจำเพาะของดินขาว ถ่านแกลบและถ่านแกลบเผา ก็คำนวณได้ทำนองเดียวกันนี้ แสดงผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุดูดซับถ่านกัมมันต์ ดินขาว ถ่านแกลบและถ่านแกลบเผา โดยใช้วิธีการดูดซับสี่ได้ดังตารางที่ 3.26

ตารางที่ 3.26 แสดงพื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุดูดซับชนิดต่าง ๆ โดยใช้วิธีการดูดซับสี่

วัสดุดูดซับ	พื้นที่ผิวจำเพาะ (m^2/g)
ถ่านกัมมันต์	280.944
ดินขาว	30.8263
ถ่านแกลบ	17.1544
ถ่านแกลบเผา	215.0209