



ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาคผนวก ก  
การคำนวณ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

### 1. ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณการดูดซับสารละลายคอปเปอร์ (II) ด้วยวิธีแบบถังแซ่

สารละลายคอปเปอร์ (II) ความเข้มข้น 50 ppm (หรือมีปริมาณคอปเปอร์ (II) 1.0 mg) ปริมาตร 20 ml นำไปทดลองผ่านชั้นตอนต่างๆ แล้วดูมา 10 ml กรองและปรับปริมาตรเป็น 25 ml นำไปวัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ได้ความเข้มข้น 6.04 ppm ถ้ำเกลือบขาวหนัก 0.5021 g สามารถคำนวณหาปริมาณการดูดซับสารละลายคอปเปอร์ (II) ได้ดังนี้

สารละลาย 1000 ml มีปริมาณคอปเปอร์ (II) เท่ากับ 6.04 mg

สารละลาย 25 ml มีปริมาณคอปเปอร์ (II) เท่ากับ  $\frac{6.04\text{mg} \times 25\text{ml}}{1000\text{ml}}$

หรือ

สารละลาย 10 ml มีปริมาณคอปเปอร์ (II) เท่ากับ  $\frac{6.04\text{mg} \times 25\text{ml}}{1000\text{ml}}$

สารละลาย 20 ml มีปริมาณคอปเปอร์ (II) เท่ากับ  $\frac{6.04\text{mg} \times 25\text{ml} \times 20\text{ml}}{1000\text{ml} \times 10}$

เท่ากับ 0.302 mg

มีสารละลายคอปเปอร์(II) เหลือ 0.302 mg แสดงว่าถูกดูดซับไป 1 - 0.302 มีค่าเท่ากับ 0.698 mg แสดงว่า

ถ้ำเกลือบขาว 0.5021 g ดูดซับคอปเปอร์(II) ได้ 0.698 mg

ถ้ำเกลือบขาว 1.0000 g ดูดซับคอปเปอร์(II) ได้  $\frac{0.698\text{mg} \times 1.0000\text{g}}{0.5021\text{g}}$

ได้ 1.390 mg/g

ดังนั้นถ้ำเกลือบขาวหนัก 1 g สามารถดูดซับคอปเปอร์(II) ได้ 1.390 mg/g

### 2. ตัวอย่างการคำนวณค่า $C_{in} / C_{out}$ ของคอปเปอร์ (II)

เก็บสารละลายที่ออกมาจากคอลัมน์ปริมาตร 10 ml ใส่ในขวดวัดปริมาตร 50 ml แล้วปรับปริมาตรให้ถึงขีดบอกริมาตร นำไปวัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ได้ความเข้มข้น 3.21 ppm สามารถคำนวณค่า  $C_{in} / C_{out}$  ได้ดังนี้

$C_{in}$  คือความเข้มข้นสารละลายก่อนผ่านคอลัมน์มีค่าเท่ากับ 49.86 ppm

คำนวณหาค่า  $C_{out}$  ได้จากสูตร  $C_1V_1 = C_2V_2$

โดยที่  $V_1 = 10 \text{ ml}$ ,  $V_2 = 50 \text{ ml}$ ,  $C_2 = 3.21 \text{ ppm}$

แทนค่าในสมการจะได้  $C_1 = \frac{3.21\text{ppm} \times 50\text{ml}}{10\text{ml}}$

$C_1 = 16.05 \text{ ppm}$

ดังนั้นค่า  $C_{out} = 16.05 \text{ ppm}$

$$\text{คำนวณค่า } C_{in} / C_{out} \text{ ได้เท่ากับ } \frac{16.05\text{ppm}}{49.86\text{ppm}} = 0.322$$

ดังนั้นจะได้ค่า  $C_{in} / C_{out}$  เท่ากับ 0.322

### 3. ตัวอย่างการคำนวณหาค่าความจุการดูดซับด้วยวิธีแบบคอลัมน์

การคำนวณหาค่าความจุการดูดซับคอปเปอร์ (II) ของถ้ำถ่านขาวที่ 50%

ปริมาตรสารละลายที่  $C_{out} / C_{in} = 0.5$  เท่ากับ 33.10 ml และน้ำหนักถ้ำถ่านขาวที่

บรรจุในคอลัมน์มีค่าเท่ากับ 0.9735 g คอปเปอร์ (II) มีความเข้มข้นเท่ากับ 49.86 ppm

สามารถคำนวณหาค่าความจุการดูดซับที่ 50% ได้ดังนี้

สารละลาย 1000 ml มีปริมาณคอปเปอร์ (II) เท่ากับ 49.86 mg

สารละลาย 33.10 ml มีปริมาณคอปเปอร์ (II) เท่ากับ  $\frac{49.86\text{mg} \times 33.10\text{ml}}{1000\text{ml}}$

เท่ากับ 1.650 mg

หรือ

ถ้ำถ่านขาวน้ำหนัก 0.9735 g ดูดซับคอปเปอร์ (II) ได้ 1.650 mg

ถ้ำถ่านขาวน้ำหนัก 1 g ดูดซับคอปเปอร์ (II) ได้  $\frac{1.650\text{mg} \times 1\text{g}}{0.9735\text{g}}$

ได้ 1.695 mg/g

ดังนั้นค่าความจุการดูดซับคอปเปอร์ (II) ของถ้ำถ่านขาวที่ 50% มีค่าเท่ากับ

1.695 mg/g

การคำนวณหาค่าความจุการดูดซับคอปเปอร์ (II) ของถ้ำถ่านขาวที่ 100 %

ที่ 50% ความจุการดูดซับคอปเปอร์ (II) มีค่าเท่ากับ 1.695 mg/g

ที่ 100% ความจุการดูดซับคอปเปอร์ (II) มีค่าเท่ากับ  $\frac{1.695\text{mg/g} \times 100\%}{50\%}$

เท่ากับ 3.390 mg/g

ดังนั้นความจุการดูดซับคอปเปอร์ (II) ของถ้ำถ่านขาวที่ 100% มีค่าเท่ากับ

3.390 mg/g



ภาคผนวก ข  
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ข-1 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณการดูดซับ

คอปเปอร์ (II)	เถาเถลบลขาว						เถาเถลบลขาวปรับปรุง					
	น้ำหนัก (g)	อ่านได้ ppm	เหลือ (mg)	ถูกดูดซับ (mg)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	น้ำหนัก (g)	อ่านได้ ppm	เหลือ (mg)	ถูกดูดซับ (mg)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)		
น้ำหนัก (g)	0.1021	17.51	0.876	0.124	1.214	0.1018	14.94	0.747	0.253	2.485		
	0.2051	14.76	0.738	0.262	1.277	0.2012	9.24	0.462	0.538	2.674		
	0.3039	11.95	0.598	0.402	1.323	0.3021	1.78	0.089	0.911	3.016		
	0.4019	8.88	0.444	0.556	1.383	0.4004	3.95	0.198	0.802	2.003		
	0.5021	6.04	0.302	0.698	1.390	0.5019	1.07	0.054	0.946	1.885		
เวลา (นาที)												
30	0.4018	10.16	0.508	0.492	1.224	0.3024	3.95	0.198	0.802	2.654		
60	0.4016	9.74	0.487	0.513	1.277	0.3020	3.07	0.154	0.846	2.801		
90	0.4006	9.50	0.475	0.525	1.311	0.3014	2.45	0.122	0.878	2.913		
120	0.4010	8.88	0.444	0.556	1.386	0.3018	1.61	0.081	0.919	3.045		
150	0.4020	8.66	0.433	0.567	1.410	0.3022	1.43	0.072	0.928	3.071		

ตารางที่ ข-1 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณการดูดซับ (ต่อ)

พีเอช	0.4008	15.63	0.782	0.218	0.544	0.3021	14.90	0.745	0.255	0.844
2.0	0.401	14.29	0.714	0.286	0.713	0.3013	13.15	0.658	0.342	1.138
3.0	0.4018	11.61	0.581	0.419	1.043	0.3004	5.88	0.294	0.706	2.350
4.0	0.4005	8.88	0.444	0.556	1.388	0.3015	1.76	0.088	0.912	3.025
5.0	0.4017	8.47	0.424	0.576	1.432	0.3012	1.08	0.054	0.946	3.141
6.0										
แคดเมียม (II)										
น้ำหนัก (g)	0.1011	18.22	0.911	0.089	0.880	0.1017	16.27	0.814	0.186	1.829
	0.2006	16.04	0.802	0.198	0.987	0.2014	12.00	0.6	0.4	1.986
	0.3024	13.61	0.681	0.315	1.055	0.3013	7.06	0.353	0.647	2.147
	0.4020	10.87	0.544	0.456	1.134	0.4007	3.85	0.192	0.808	2.016
	0.5004	8.58	0.429	0.571	1.141	0.5010	2.31	0.116	0.884	1.764
เวลา (นาที)										
30	0.4010	11.84	0.592	0.408	1.016	0.3008	7.88	0.394	0.606	2.015

ตารางที่ ข-1 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณการดูดซับ (ต่อ)

60	0.4006	11.10	0.555	0.445	1.111	0.3016	7.53	0.376	0.624	2.069
90	0.4022	10.95	0.548	0.452	1.124	0.3021	7.25	0.362	0.638	2.112
120	0.4008	10.91	0.546	0.454	1.133	0.3010	7.12	0.356	0.644	2.140
150	0.4014	10.86	0.543	0.457	1.138	0.3006	7.03	0.352	0.648	2.156
พีเอช										
2.0	0.4006	16.85	0.842	0.158	0.394	0.3014	16.11	0.806	0.194	0.644
3.0	0.4012	14.85	0.742	0.258	0.643	0.3008	14.12	0.706	0.294	0.977
4.0	0.4020	12.13	0.606	0.394	0.980	0.3015	10.74	0.537	0.463	1.536
5.0	0.4018	10.86	0.543	0.457	1.137	0.3013	7.05	0.352	0.648	2.151
6.0	0.4002	10.19	0.510	0.49	1.224	0.3017	6.51	0.326	0.674	2.234
ตะกั่ว (II)										
น้ำหนัก (g)	0.1012	18.19	0.910	0.09	0.889	0.1006	16.49	0.824	0.176	1.750
	0.2025	16.06	0.803	0.197	0.973	0.2017	12.66	0.633	0.367	1.820
	0.3013	13.88	0.694	0.306	1.016	0.3017	8.59	0.430	0.57	1.889
	0.4008	10.96	0.548	0.452	1.128	0.4013	5.37	0.268	0.732	1.824



ตารางที่ ข-1 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณการดูดซับ (ต่อ)

	0.5014	8.67	0.434	0.566	1.129	0.5004	3.24	0.162	0.838	1.675
เวลา(นาที)										
30	0.4004	11.80	0.59	0.41	1.024	0.3006	9.77	0.488	0.512	1.703
60	0.4015	11.43	0.572	0.428	1.066	0.3018	9.23	0.462	0.538	1.783
90	0.4024	11.13	0.556	0.444	1.103	0.3015	8.99	0.450	0.550	1.824
120	0.4028	10.92	0.546	0.454	1.127	0.3023	8.58	0.429	0.571	1.885
150	0.4016	10.92	0.546	0.454	1.130	0.3010	8.56	0.428	0.572	1.900
พีเอช										
2.0	0.4018	16.42	0.821	0.179	0.445	0.3005	16.14	0.807	0.193	0.642
3.0	0.4003	15.10	0.755	0.245	0.612	0.3016	14.96	0.748	0.252	0.836
4.0	0.4013	12.34	0.617	0.383	0.954	0.3014	12.01	0.601	0.399	1.324
5.0	0.4020	10.79	0.54	0.46	1.144	0.3021	8.58	0.429	0.571	1.890
6.0	0.4010	10.26	0.514	0.487	1.214	0.3011	7.84	0.392	0.608	2.017

ตารางที่ ๗-2 ค่าต่างๆ ที่ใช้สร้างกราฟ adsorption isotherm และหาค่าความจุการดูดซับของวัสดุดูดซับ

ความเข้มข้น / ปริมาณตัว ถูกดูดซับ(g)	วัดได้ (ppm)	เหลือ (mg)	ดูดซับ (mg)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	น้ำหนักวัสดุดูดซับ (g)	log C	log x/m
20/0.4	3.09	0.154	0.246	0.614	0.4007	-	-
25/0.5	4.02	0.201	0.299	0.745	0.4011	-	-
50/1	8.88	0.44	0.556	1.389	0.4003	0.948	0.143
100/2	23.93	1.196	0.804	2.002	0.4017	1.379	0.301
150/3	39.08	1.954	1.046	2.606	0.4014	1.592	0.416
200/4	54.70	2.735	1.265	3.155	0.4010	1.738	0.499
250/5	70.63	3.532	1.468	3.668	0.4004	1.849	0.564
400/8	128.82	6.441	1.559	3.880	0.4018	2.110	0.589
500/10	167.88	8.394	1.606	3.993	0.4022	2.225	0.601
20/0.4	3.52	0.176	0.224	0.745	0.3008	-	-
25/0.5	4.25	0.212	0.288	0.955	0.3015	-	-
50/1	1.76	0.088	0.912	3.027	0.3013	0.246	0.481

คอปเปอร์ (II)

ถ่านแกลบขาว

ถ่านแกลบขาว  
ปรับปรุ้ง

ตารางที่ ข-2 ค่าต่างๆ ที่ใช้สร้างกราฟ adsorption isotherm และหาค่าความจุการดูดซับของวัสดุดูดซับ (ต่อ)

100/2	12.60	0.630	1.370	4.550	0.3011	1.100	0.658
150/3	32.26	1.613	1.387	4.602	0.3014	1.509	0.663
200/4	51.44	2.572	1.428	4.754	0.3004	1.711	0.677
250/5	70.88	3.544	1.456	4.842	0.3007	1.851	0.685
400/8	130.02	6.501	1.499	4.977	0.3012	2.114	0.697
500/10	169.55	8.478	1.522	5.045	0.3017	2.229	0.703
<b>แคดเมียม (II)</b>							
20/0.4	5.34	0.267	0.133	0.332	0.4011	-	-
25/0.5	6.12	0.306	0.194	0.402	0.4016	-	-
50/1	11.02	0.551	0.449	0.449	0.4008	1.042	0.049
100/2	28.05	1.402	0.598	0.598	0.4013	1.448	0.173
150/3	47.32	2.366	0.634	0.634	0.4017	1.675	0.198
200/4	66.78	3.339	0.661	0.661	0.4002	1.825	0.218
250/5	86.67	4.334	0.666	0.66	0.4007	1.938	0.221
400/8	146.49	7.324	0.676	0.676	0.4014	2.166	0.226
500/10	186.46	9.323	0.677	0.677	0.4004	2.271	0.228
<b>แก๊สกลบขาว</b>							

ตารางที่ ข-2 ค่าต่างๆ ที่ใช้สร้างกราฟ adsorption isotherm และหาค่าความจุการดูดซับของวัสดุดูดซับ (ต่อ)

<p>เส้นแกสมขาว ปรับปรุง</p>	20/0.4	6.06	0.303	0.097	0.321	0.3019	-	-	
	25/0.5	6.58	0.329	0.171	0.568	0.3012	-	-	
	50/1	7.10	0.355	0.645	2.145	0.3007	0.851	0.331	
	100/2	13.43	0.672	1.328	4.406	0.3014	1.128	0.644	
	150/3	33.34	1.667	1.333	4.437	0.3004	1.523	0.647	
	200/4	52.84	2.642	1.358	4.418	0.3006	1.723	0.655	
	250/5	72.61	3.631	1.369	4.544	0.3013	1.861	0.657	
	400/8	132.43	6.622	1.378	4.567	0.3017	2.122	0.660	
	500/10	172.19	8.610	1.390	4.606	0.3018	2.236	0.663	
	ตะกั่ว (II)								
<p>เส้นแกสมขาว</p>	20/0.4	5.14	0.257	0.143	0.357	0.4005	-	-	
	25/0.5	5.67	0.284	0.216	0.538	0.4013	-	-	
	50/1	10.95	0.548	0.452	1.126	0.4013	1.039	0.052	
	100/2	28.18	1.409	0.591	1.474	0.4010	1.450	0.168	
	150/3	48.03	2.402	0.598	1.488	0.4018	1.682	0.173	
200/4	67.39	3.370	0.630	1.573	0.4006	1.828	0.197		

ตารางที่ ข-2 ค่าต่างๆ ที่ใช้สร้างกราฟ adsorption isotherm และหาค่าความจุการดูดซับของวัสดุดูดซับ (ต่อ)

	250/5	86.95	4.348	0.652	1.624	0.4015	1.939	0.211
	400/8	146.88	7.344	0.656	1.637	0.4007	2.167	0.214
	500/10	186.72	9.336	0.664	1.652	0.4018	2.271	0.218
	20/0.4	5.42	0.271	0.129	0.428	0.3012	-	-
	25/0.5	6.20	0.310	0.190	0.630	0.3016	-	-
	50/1	8.59	0.430	0.570	1.891	0.3014	0.934	0.227
	100/2	13.49	0.674	1.326	4.407	0.3009	1.130	0.644
	150/3	33.18	1.659	1.341	4.446	0.3016	1.521	0.648
	200/4	53.06	2.653	1.347	4.468	0.3015	1.725	0.650
	250/5	73.01	3.651	1.349	4.486	0.3007	1.863	0.652
	400/8	132.83	6.642	1.358	4.518	0.3006	2.123	0.655
	500/10	172.60	8.630	1.370	4.550	0.311	2.237	0.658

แก้แกลบขาว

ปรับปรุง

ตารางที่ ข-3 ค่าต่างๆที่ใช้ในการคำนวณความจุการดูดซับของถ่านแกลบขาว

คอปเปอร์ (II) ครั้งที่ 1					
ความเข้มข้นที่ สมดุล (ppm)	ปริมาณที่ถูก ดูดซับ (g)	น้ำหนักวัสดุ ดูดซับ (g)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	log C*	log x/m**
7.72	0.246	0.4007	0.614	-	-
10.05	0.299	0.4011	0.745	-	-
22.20	0.556	0.4003	1.389	1.346	0.143
39.90	0.798	0.4017	1.986	1.601	0.298
108.08	0.838	0.4014	2.088	2.034	0.320
157.92	0.842	0.4010	2.100	2.198	0.322
207.70	0.846	0.4004	2.113	2.317	0.325
356.85	0.863	0.4018	2.148	2.552	0.332
456.60	0.868	0.4022	2.158	2.660	0.334
คอปเปอร์ (II) ครั้งที่ 2					
ความเข้มข้นที่ สมดุล (ppm)	ปริมาณที่ถูก ดูดซับ (g)	น้ำหนักวัสดุ ดูดซับ (g)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	log C	log x/m
22.32	0.554	0.4009	1.382	1.349	0.141
59.92	0.802	0.4016	1.997	1.778	0.300
108.78	0.824	0.4019	2.050	2.036	0.312
157.78	0.844	0.4014	2.103	2.198	0.323
207.55	0.849	0.4016	2.114	2.317	0.325
357.38	0.852	0.4005	2.127	2.553	0.328
457.18	0.856	0.4007	2.136	2.660	0.330
คอปเปอร์ (II) ครั้งที่ 3					
ความเข้มข้นที่ สมดุล (ppm)	ปริมาณที่ถูก ดูดซับ (g)	น้ำหนักวัสดุ ดูดซับ (g)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	log C	log x/m
22.05	0.559	0.4013	1.393	1.343	0.144
60.48	0.790	0.4007	1.972	1.782	0.395

ตารางที่ ข-3 ค่าต่างๆที่ใช้ในการคำนวณความจุการดูดซับของถ่านกัมมันต์ (ต่อ)

107.92	0.842	0.4018	2.100	2.033	0.322
157.88	0.842	0.4005	2.102	2.198	0.323
207.72	0.846	0.4010	2.110	2.317	0.324
357.45	0.851	0.4017	2.118	2.553	0.326
456.92	0.862	0.4010	2.150	2.660	0.332
แคดเมียม (II) ครั้งที่ 1					
ความเข้มข้นที่ สมดุล (ppm)	ปริมาณที่ถูก ดูดซับ (g)	น้ำหนักวัสดุ ดูดซับ (g)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	log C	log x/m
13.35	0.133	0.4011	0.332	-	-
15.30	0.194	0.4016	0.402	-	-
27.55	0.449	0.4008	1.120	1.440	0.049
71.60	0.568	0.4013	1.415	1.855	0.151
117.58	0.648	0.4017	1.613	2.070	0.208
167.18	0.656	0.4002	1.639	2.223	0.214
216.82	0.664	0.4007	1.657	2.336	0.219
366.45	0.671	0.4014	1.672	2.564	0.223
466.38	0.672	0.4005	1.678	2.669	0.225
แคดเมียม (II) ครั้งที่ 2					
ความเข้มข้นที่ สมดุล (ppm)	ปริมาณที่ถูก ดูดซับ (g)	น้ำหนักวัสดุ ดูดซับ (g)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	log C	log x/m
27.88	0.442	0.4016	1.101	1.445	0.042
71.92	0.562	0.4012	1.401	1.857	0.146
118.02	0.640	0.4007	1.600	2.072	0.204
167.30	0.654	0.4013	1.630	2.223	0.212
216.72	0.66	0.4011	1.660	2.336	0.220
366.27	0.674	0.4018	1.677	2.564	0.224
466.22	0.676	0.4005	1.688	2.669	0.227

ตารางที่ ข-3 ค่าต่างๆที่ใช้ในการคำนวณความจุการดูดซับของถ่านกัมมันต์ (ต่อ)

แคดเมียม (II) ครั้งที่ 3					
ความเข้มข้นที่ สมดุล (ppm)	ปริมาณที่ถูก ดูดซับ (g)	น้ำหนักวัสดุ ดูดซับ (g)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	log C	log x/m
27.32	0.454	0.4012	1.132	1.436	0.053
70.85	0.583	0.4016	1.452	1.850	0.162
117.38	0.652	0.4013	1.625	2.070	0.211
167.08	0.658	0.4015	1.639	2.223	0.214
216.90	0.662	0.4007	1.652	2.336	0.218
366.675	0.666	0.4017	1.658	2.564	0.220
466.12	0.678	0.4008	1.692	2.667	0.228
ตะกั่ว (II) ครั้งที่ 1					
ความเข้มข้นที่ สมดุล (ppm)	ปริมาณที่ถูก ดูดซับ (g)	น้ำหนักวัสดุ ดูดซับ (g)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	log C	log x/m
12.85	0.143	0.4005	0.357	-	-
14.12	0.216	0.4013	0.538	-	-
27.38	0.452	0.4013	1.126	1.437	0.052
71.60	0.568	0.4010	1.416	1.855	0.151
119.725	0.606	0.4018	1.508	2.078	0.178
167.88	0.642	0.4006	1.602	2.225	0.205
217.38	0.652	0.4015	1.624	2.337	0.211
367.20	0.656	0.4007	1.637	2.656	0.214
467.05	0.659	0.4018	1.640	2.669	0.215
ตะกั่ว (II) ครั้งที่ 2					
ความเข้มข้นที่ สมดุล (ppm)	ปริมาณที่ถูก ดูดซับ (g)	น้ำหนักวัสดุ ดูดซับ (g)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	log C	log x/m
27.28	0.454	0.4005	1.134	1.436	0.055
71.32	0.574	0.4015	1.430	1.853	0.155
119.62	0.607	0.4013	1.512	2.078	0.180



ตารางที่ ข-3 ค่าต่างๆที่ใช้ในการคำนวณความจุการดูดซับของถ้ำแถบขาว (ต่อ)

168.82	0.624	0.4007	1.557	2.227	0.192
216.95	0.661	0.4018	1.645	2.336	0.216
366.80	0.664	0.4011	1.655	2.564	0.219
466.42	0.672	0.4017	1.673	2.669	0.223

ตะกั่ว (II) ครั้งที่ 3

ความเข้มข้นที่ สมดุล (ppm)	ปริมาณที่ถูกล ดูดซับ (g)	น้ำหนักวัสดุ ดูดซับ (g)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	log C	log x/m
27.00	0.460	0.4006	1.148	1.431	0.06
71.78	0.564	0.4014	1.405	1.856	0.148
119.78	0.604	0.4003	1.509	2.078	0.179
167.50	0.650	0.4008	1.622	2.224	0.210
217.00	0.660	0.4013	1.645	2.336	0.216
366.85	0.663	0.4014	1.652	2.564	0.218
466.58	0.668	0.4018	1.662	2.669	0.221

\*log C = log (ความเข้มข้นที่สมดุล (ppm))

\*\*log x/m = log (ปริมาณการดูดซับ (mg/g))

ตารางที่ ข-4 ค่าต่างๆที่ใช้ในการคำนวณความจุการดูดซับของถ้ำแถบขาวปรับปรุง

คอปเปอร์ (II) ครั้งที่ 1					
ความเข้มข้นที่ สมดุล (ppm)	ปริมาณที่ถูก ดูดซับ (g)	น้ำหนักวัสดุ ดูดซับ (g)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	log C*	log x/m**
8.80	0.224	0.3008	0.745	-	-
10.62	0.288	0.3015	0.955	-	-
4.40	0.912	0.3013	3.027	0.643	0.481
50.95	0.981	0.3011	3.258	1.707	0.513
100.32	0.994	0.3014	3.298	2.001	0.518
149.70	1.006	0.3004	3.349	2.175	0.525
199.18	1.016	0.3007	3.379	2.294	0.529
347.90	1.040	0.3012	3.453	2.541	0.538
447.45	1.051	0.3017	3.484	2.651	0.542
คอปเปอร์ (II) ครั้งที่ 2					
ความเข้มข้นที่ สมดุล (ppm)	ปริมาณที่ถูก ดูดซับ (g)	น้ำหนักวัสดุ ดูดซับ (g)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	log C	log x/m
4.90	0.902	0.3015	2.992	0.690	0.476
51.35	0.973	0.3007	3.236	1.711	0.510
100.98	0.980	0.3009	3.257	2.004	0.513
150.05	0.999	0.3017	3.311	2.176	0.520
199.50	1.010	0.3008	3.358	2.300	0.526
348.50	1.030	0.3012	3.420	2.542	0.534
447.90	1.042	0.3019	3.451	2.651	0.538
คอปเปอร์ (II) ครั้งที่ 3					
ความเข้มข้นที่ สมดุล (ppm)	ปริมาณที่ถูก ดูดซับ (g)	น้ำหนักวัสดุ ดูดซับ (g)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	log C	log x/m
4.18	0.916	0.3014	3.039	0.621	0.483
50.72	0.986	0.3011	3.275	1.705	0.515

ตารางที่ ข-4 ค่าต่างๆที่ใช้การคำนวณความจุการดูดซับของถ่านกัมมันต์ (ต่อ)

100.08	0.998	0.3015	3.310	2.000	0.520
149.70	1.006	0.3003	3.350	2.175	0.525
198.70	1.026	0.3021	3.396	2.298	0.531
347.70	1.046	0.3016	3.468	2.541	0.540
447.55	1.049	0.3005	3.491	2.651	0.543
แคดเมียม (II) ครั้งที่ 1					
ความเข้มข้นที่ สมดุล (ppm)	ปริมาณที่ถูก ดูดซับ (g)	น้ำหนักวัสดุ ดูดซับ (g)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	log C	log x/m
15.15	0.097	0.3019	0.321	-	-
16.45	0.171	0.3012	0.568	-	-
17.75	0.645	0.3007	2.145	1.249	0.331
65.15	0.697	0.3014	2.312	1.814	0.364
114.95	0.701	0.3004	2.334	2.061	0.368
164.60	0.708	0.3006	2.355	2.216	0.372
214.28	0.714	0.3013	2.370	2.331	0.375
364.15	0.717	0.3017	2.377	2.561	0.376
463.88	0.722	0.3018	2.392	2.666	0.379
แคดเมียม (II) ครั้งที่ 2					
ความเข้มข้นที่ สมดุล (ppm)	ปริมาณที่ถูก ดูดซับ (g)	น้ำหนักวัสดุ ดูดซับ (g)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	log C	log x/m
18.05	0.639	0.3002	2.128	1.256	0.328
64.95	0.701	0.3017	2.324	1.812	0.366
114.68	0.706	0.3014	2.342	2.059	0.370
146.50	0.710	0.3007	2.361	2.216	0.373
214.05	0.719	0.3019	2.382	2.331	0.378
364.00	0.720	0.3005	2.396	2.561	0.379
463.78	0.724	0.3013	2.403	2.331	0.381

ตารางที่ ข-4 ค่าต่างๆที่ใช้การคำนวณความจุการดูดซับของถ่านกลบขาวปรับปรุง (ต่อ)

แคคเมี่ยม (II) ครั้งที่ 3					
ความเข้มข้นที่ สมดุล (ppm)	ปริมาณที่ถูก ดูดซับ (g)	น้ำหนักวัสดุ ดูดซับ (g)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	log C	log x/m
17.30	0.654	0.3018	2.167	1.238	0.336
65.10	0.698	0.3012	2.317	1.814	0.365
114.92	0.702	0.3014	2.329	2.06	0.367
164.75	0.705	0.3008	2.344	2.217	0.370
214.22	0.716	0.3017	2.373	2.331	0.375
364.22	0.716	0.3004	2.383	2.561	0.377
463.82	0.724	0.3016	2.401	2.666	0.380
ตะกั่ว (II) ครั้งที่ 1					
ความเข้มข้นที่ สมดุล (ppm)	ปริมาณที่ถูก ดูดซับ (g)	น้ำหนักวัสดุ ดูดซับ (g)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	log C	log x/m
13.55	0.129	0.3012	0.428	-	-
15.50	0.190	0.3016	0.630	-	-
21.48	0.570	0.3014	1.891	1.332	0.277
66.92	0.662	0.3009	2.200	1.826	0.342
116.48	0.670	0.3016	2.221	2.006	0.346
166.02	0.679	0.3015	2.252	2.220	0.352
215.95	0.681	0.3007	2.265	2.334	0.355
365.88	0.682	0.3006	2.269	2.563	0.356
465.60	0.688	0.3011	2.285	2.668	0.359
ตะกั่ว (II) ครั้งที่ 2					
ความเข้มข้นที่ สมดุล (ppm)	ปริมาณที่ถูก ดูดซับ (g)	น้ำหนักวัสดุ ดูดซับ (g)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	log C	log x/m
21.65	0.567	0.3011	1.883	1.335	0.275
66.62	0.668	0.3017	2.214	1.824	0.345
116.40	0.672	0.3015	2.229	2.066	0.348

ตารางที่ ข-4 ค่าต่างๆที่ใช้การคำนวณความจุการดูดซับของถ้ำแถบขาวปรับปรุง (ต่อ)

166.35	0.673	0.3007	2.238	2.221	0.350
216.08	0.678	0.3010	2.252	2.335	0.352
365.68	0.686	0.3019	2.272	2.563	0.356
465.42	0.692	0.3018	2.293	2.668	0.360

ตะกั่ว (II) ครั้งที่ 3

ความเข้มข้นที่ สมดุล (ppm)	ปริมาณที่ถูกล ดูดซับ (g)	น้ำหนักวัสดุ ดูดซับ (g)	ปริมาณการดูดซับ (mg/g)	log C	log x/m
21.35	0.573	0.3007	1.906	1.329	0.280
67.00	0.660	0.3016	2.188	1.826	0.340
116.62	0.668	0.3003	2.224	2.067	0.347
166.20	0.676	0.3013	2.244	2.221	0.351
216.00	0.680	0.3009	2.260	2.334	0.354
365.80	0.684	0.3014	2.270	2.563	0.356
465.38	0.692	0.3015	2.295	2.668	0.361

\*log C = log (ความเข้มข้นที่สมดุล (ppm))

\*\*log x/m = log (ปริมาณการดูดซับ (mg/g))

ตารางที่ ๗-5 ค่าที่ใช้คำนวณหาค่า  $C_{out}/C_{in}$

คอปเปอร์ (II)		ปริมาณสารละลายที่เก็บ (ml)									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ถ้ำเกลบขาว	วัดได้ (ppm)	1.78	1.80	3.21	7.65	9.12	9.73	9.77	9.84	9.86	9.83
	$C_{out}$	8.90	9.00	16.05	38.25	45.60	48.65	48.85	49.20	49.30	49.15
	$C_{in}$	49.86	49.86	49.86	49.86	49.86	49.86	49.86	49.86	49.86	49.86
	$C_{out}/C_{in}$	0.178	0.181	0.322	0.767	0.914	0.976	0.980	0.987	0.989	0.986
ถ้ำเกลบขาวปรับปรุง	วัดได้ (ppm)	1.72	1.76	1.79	1.85	1.83	1.89	3.83	9.81	9.83	9.84
	$C_{out}$	8.60	8.60	8.80	9.25	9.15	9.45	19.15	49.05	49.15	49.20
	$C_{in}$	49.86	49.86	49.86	49.86	49.86	49.86	49.86	49.86	49.86	49.86
	$C_{out}/C_{in}$	0.172	0.176	0.180	0.186	0.184	0.190	0.384	0.984	0.986	0.987
แคดเมียม (II)											
ถ้ำเกลบขาว	วัดได้ (ppm)	2.50	2.40	3.62	8.88	9.57	9.49	9.76	9.72	9.82	9.87
	$C_{out}$	12.50	12.00	18.10	44.40	47.85	47.45	48.80	48.60	49.10	49.35
	$C_{in}$	50.04	50.04	50.04	50.04	50.04	50.04	50.04	50.04	50.04	50.04

ตารางที่ ข-5 ค่าที่ใช้คำนวณหาค่า  $C_{out}/C_{in}$  (ต่อ)

ถ้ำกลบขาวปรับปรุง	วัดได้ (ppm)	2.23	2.28	2.26	2.32	5.68	9.10	9.37	9.70	9.85	9.88
	$C_{out}$	11.15	11.40	11.30	11.60	28.40	45.50	46.85	48.50	49.25	49.40
	$C_{in}$	50.04	50.04	50.04	50.04	50.04	50.04	50.04	50.04	50.04	50.04
	$C_{out}/C_{in}$	0.223	0.228	0.226	0.232	0.568	0.909	0.936	0.969	0.984	0.987
ตะกั่ว (II)											
ถ้ำกลบขาว	วัดได้ (ppm)	2.62	2.65	3.91	7.76	9.08	9.62	9.67	9.83	9.73	9.82
	$C_{out}$	13.10	13.25	19.55	38.80	45.40	48.10	48.35	49.15	48.65	49.10
	$C_{in}$	49.78	49.78	49.78	49.78	49.78	49.78	49.78	49.78	49.78	49.78
	$C_{out}/C_{in}$	0.263	0.266	0.393	0.779	0.912	0.966	0.971	0.987	0.977	0.986
ถ้ำกลบขาวปรับปรุง	วัดได้ (ppm)	2.17	2.14	2.20	3.85	9.00	9.46	9.40	9.60	9.84	9.85
	$C_{out}$	10.85	10.70	11.00	19.25	45.00	47.30	47.00	48.00	49.20	49.25
	$C_{in}$	49.78	49.78	49.78	49.78	49.78	49.78	49.78	49.78	49.78	49.78
	$C_{out}/C_{in}$	0.218	0.215	0.221	0.387	0.904	0.950	0.944	0.964	0.988	0.989



**ภาคผนวก ค**  
**รวมรูปภาพและกราฟมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY





ภาพผนวก ค-1 ลักษณะทางกายภาพของแกลบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิราวุฒิ  
RAJABHAT MAHACHULABONGKORAJITRAJANIKORN UNIVERSITY

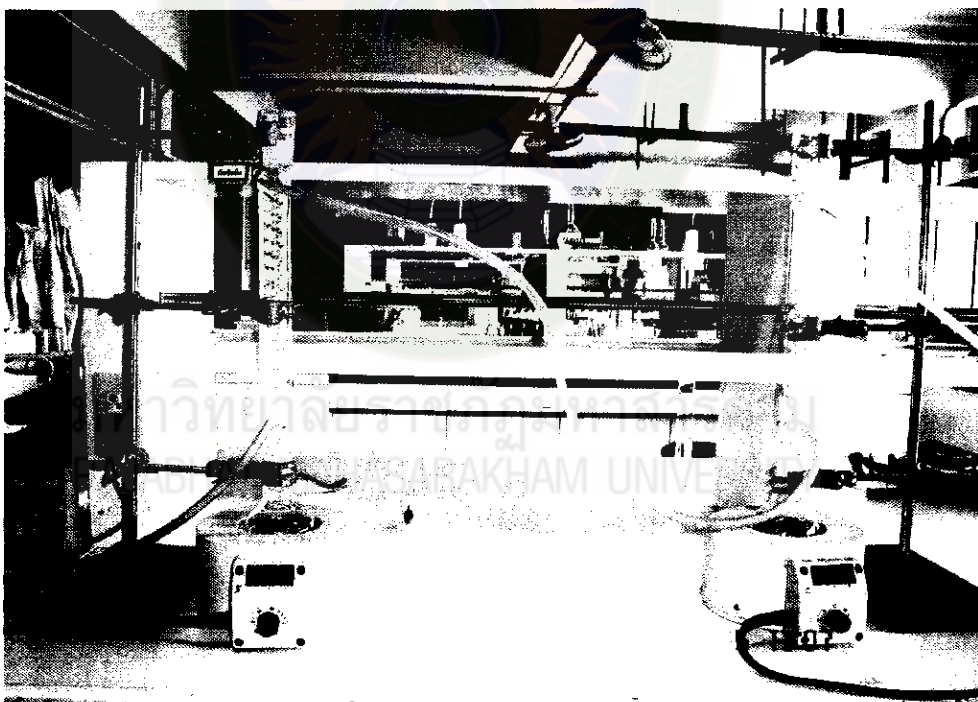


5 12:40

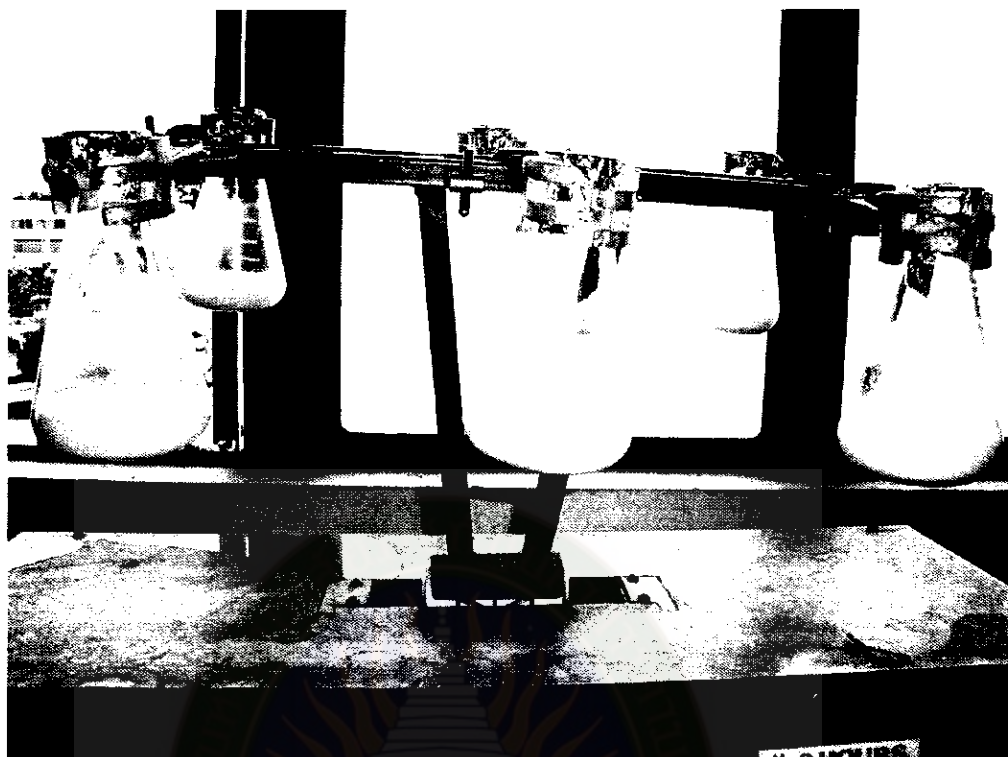
ภาพผนวก ค-2 ลักษณะทางกายภาพของแกลบที่ต้มด้วยกรดไนตริก



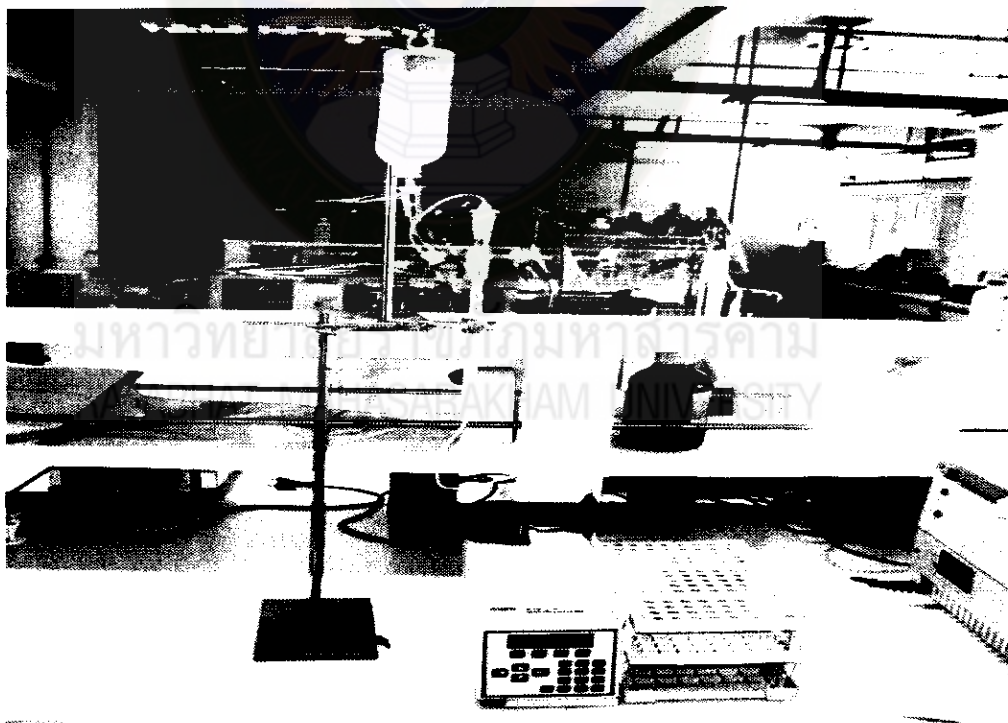
ภาพผนวก ค-3 ลักษณะทางกายภาพของแก้วเคลือบขาว



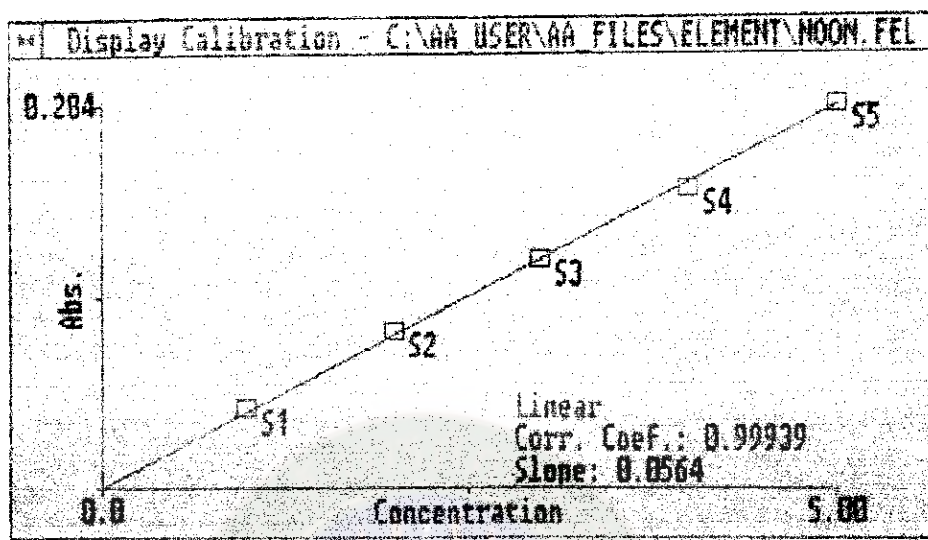
ภาพผนวก ค-4 การรีฟลักซ์แก้วเคลือบขาวกับ DETA-silane



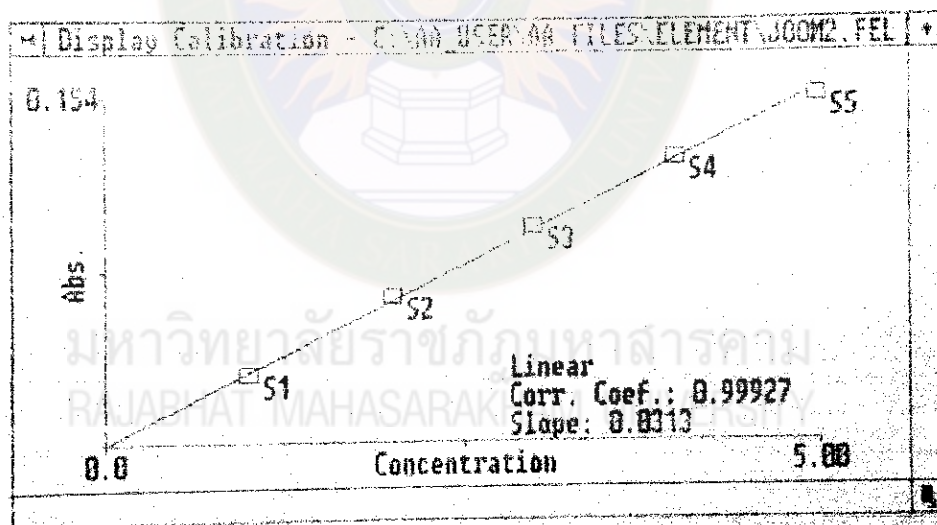
ภาพผนวก ค-5 ลักษณะวิธีการดูคชับแบบดั้งแก่



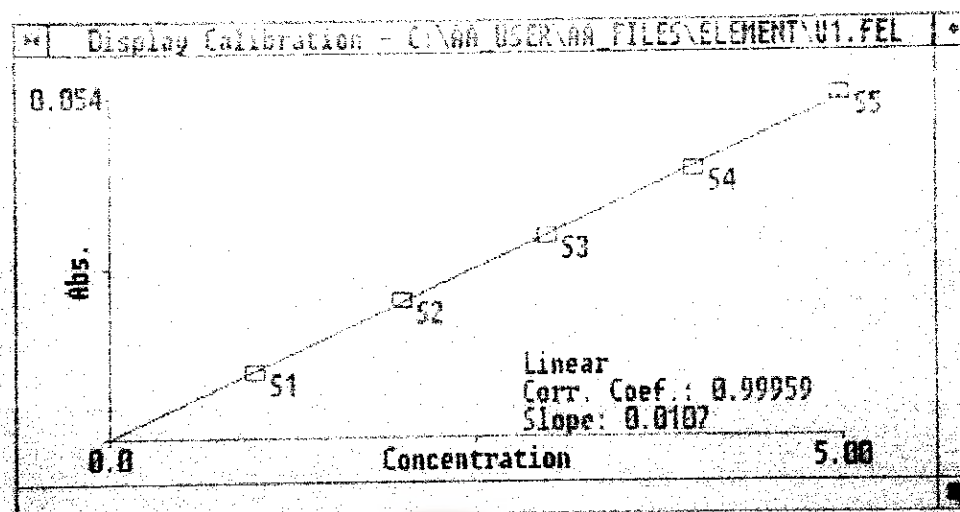
ภาพผนวก ค-6 ลักษณะวิธีการดูคชับแบบดั้งแก่



ภาพผนวก ค-7 กราฟมาตรฐานสารละลาย  $\text{Cu}^{2+}$



ภาพผนวก ค-8 กราฟมาตรฐานสารละลาย  $\text{Cd}^{2+}$



ภาพผนวก ค-9 กราฟมาตรฐานสารละลาย  $Pb^{2+}$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY