

เอกสารอ้างอิง

1. Ether, B., Other aromatic hydrocarbon, Toxicity and Metabolism of Industrial solvents,(1965): 66-76.
2. Odian, G., Principles of Polymerization, 2nd ed., John Wiley & Sons. New York, 1981 : 40-95
3. Ham, G.E., Vinyl Polymerization, 1 vol. 1, G.E. Ham ed., M.Dekker, New York, 1967.
4. Rodrigues, F., Principles of Polymer Systems , 2nd ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1982 : 10-50
5. Billmeyer, F.W., Textbook of Polymer Science , 3rd ed., Wiley-Interscience Publication, New York, 1984:347-350
6. Farber, E., Suspension Polymerization, EPST, 2nd ed, Vol.16, 1983
7. Trommsdorff, E., and Munzer, M., High Polymers Vol. XXIX, Schildknecht C.E., and 1st.ed., pp.106-124, John Wiley & Son New York, 1977.
8. _____ . and Schildknecht, C.E., Polymer Processes ,Vol. X, pp.69-109, Interscience, New York, 1956.
9. Vanderhoff, J.W., Mechanism of Emulsion Polymerization, J. Poly Sci., 72(1985): 161-198
10. Ueberreiter, K., Diffusion in Polymers, Crank J. and Park G.S. ed., Academic press, New York, 1968: 36-50
11. Ming-Huang James Kang, Suspension Polymerization, Ph.D. Dissertation Lehigh University, 1986
12. Sanders, H.J., Improve Drug Delivery, Chem. Eng. News, 63(1987): 31
13. Ding, Z.Y., Aktonis, J.J. and Salovey, R., Determination of the Crosslink Density of Polymer Beads by Swelling, J. Polymer Sci., 29(1991): 1035-1038
14. Howard, G.J., and Midgley, C.A., The Formation and Structure of Suspension Polymerized Styrene-

Divinylbenzene Copolymers, J. Appl. Polym. Sci., 26(1981): 3845-3870

15. Poinescu, I., Popescu, V.P., and Carpov, A., Soner, A. Gungor and T.I.Balkas Synthesis of Porous Styrene Divinylbenzene Copolymers. Die Ange. Makro Chem., 135(1985): 21-32
16. Okay, O., ., Phase Separation in the Synthesis of Styrene-Divinylbenzene Copolymers with Di-2-Ethylhexyl Phthalate as Diluent, J. Appl. Polym. Sci., 30(1985): 2065-2074
17. _____ .and Balkas, T.I., Heterogeneous Styrene-Divinylbenzene Copolymer in Collapsed and Reexpanded States. J. Appl. Polym Sci., 31(1986): 1785-1795
18. _____ .and Tugam T., Heterogeneous Styrene-Divinylbenzene Copolymers, Stability conditions of the Porous Structures, 32(1986): 5533-5542
19. Errede, L.A., Stoessl, I.D. and Sirvio, L.M. Swelling of Particulate Polymers Enmeshed in Poly(tetrafluoroethylene), J. Appl Polym. Sci., 31(1986): 2721-2737
20. _____ .A Restudy of Poly(styrene-Divinylbenzene) Swelling in Terms of Crosslink Density. J. Appl. Polym. Sci., 31(1986): 1749-1761
21. _____ . A Reexamination of Reported Polymer Swelling Studies for Conformance to Equations That Relate Swellability to Crosslink-Density, Macromolecules, 19(1986): 654-658
22. _____ . Correlation of Relative Swelling of Poly(styrene-Divinylbenzene) with the Hildebrand Solubility Parameter of the Swelling Liquid. Macromolecules, 19(1986): 1522-1525

23. Asawaworarit, P., Synthesis of Synthetic Imbiber Beads by Suspension Polymerization, Master's Thesis Graduate School, Chulalongkorn University, 1990.
24. Hirayama, C., Iida, M., and Motozato, Y., Excluded chain Dimensions and Network size in G.P.C. Polymer, 22(1981): 1561
25. Hildebrand, J.H., and Scott, R.L., The Solubility of Non-electrolytes, 3rd ed., Reinhold publishing Corp., New York, 1949.
26. _____ and Scott, R.L., Regular Solutions, Prentice-Hall Inc., Eaglewood Cliffs, N.J., 1962.
27. Patton, T.C., Paint Flow and Pigment Dispersion, 2nd ed., ch. 14, John Wiley & Sons, New York, 1979.
28. Tanaka, T., and Fillmore, D.J., Kinetics of Swelling of Gels, J. Chem. Phys., 70(1979): 1214-1218
29. Scatchard, G., Chem. Rev., 8(1931): 321
30. Small, P.A., Some factors Affection the Solubility of Polymers. J. Appl. Chem., 3(1953): 355
31. Brunauer, S., Emmett, P.H., and Teller, E.W., Adsorption of Gases in Multimolecular layers, J. Chem. Soc., 60(1938): 309-319
32. Ruthven, D.M., Principles of Adsorption and Adsorption Processes, John Wiley & Sons, New York, 1984: 100-130
33. "Methocel," Product Information, Dow Chemical Company, Michigan, 1975.
34. "Cellulose Hydroxyethyl Cellulose HEC," Product Bulletin, Union Carbide Corporation, C.T., 1987.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ข้อมูลการดูดซึมของบีดในโพลูอิน

การทดลองที่	เวลา (นาที)	ΔI (นาที)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีด (ซม.)	ปริมาตรบีด (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta t$ (ซม. ³ /นาที)
การบวมของบีด					
4	0	0	0.3875	0.033126	-
	15	15	0.5625	0.101329	0.004546
	30	15	0.6375	0.147505	0.003078
	60	30	0.6750	0.175096	0.000919
	90	30	0.7000	0.195281	0.000672
	150	60	0.7125	0.205930	0.000354
	210	60	0.7250	0.216960	0.000183
	270	60	0.7375	0.228377	0.000190
	390	120	0.7500	0.240187	0.000098
				อัตราส่วนการบวม = 7.3	
การคายของบีด					
4	0	0	0.7500	0.240187	-
	15	15	0.6500	0.143851	0.005142
	30	15	0.5625	0.093226	0.003374
	60	30	0.4875	0.060687	0.001084
	90	30	0.4500	0.047732	0.000431
	150	60	0.4250	0.040210	0.000125
	210	60	0.4125	0.036765	0.000057
	270	60	0.4000	0.033523	0.000054
	390	120	0.3875	0.033126	0.000025

การทดลองที่	เวลา (นาทีก)	ΔT (นาทีก)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีด (ซม.)	ปริมาตรบีด (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาทีก)
การบวมของบีด					
6	0	0	0.3125	0.017374	-
	15	15	0.5000	0.071166	0.003586
	60	45	0.5375	0.088410	0.000383
	120	60	0.5625	0.101329	0.000215
	210	90	0.5750	0.108235	0.000076
				อัตราส่วนการบวม = 8.6	
การคายของบีด					
6	0	0	0.5750	0.108235	-
	15	15	0.4750	0.056137	0.002896
	60	45	0.4125	0.036765	0.000430
	120	60	0.3625	0.024951	0.000196
	210	90	0.3125	0.017374	0.000099

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาท.)	ΔT (นาท.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีด (ซม.)	ปริมาตรบีด (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาท.)
การบวมของบีด					
10	0	0	0.3875	0.033126	-
	15	15	0.6250	0.138997	0.007058
	30	15	0.6875	0.185005	0.003067
	60	30	0.7250	0.216960	0.001065
	90	30	0.7500	0.240187	0.000774
	120	30	0.7625	0.252398	0.000407
	180	60	0.7750	0.265015	0.000210
	240	60	0.7875	0.278047	0.000217
	360	120	0.8000	0.291498	0.000112
	480	120	0.8125	0.305377	0.000115
				อัตราส่วนการบวม = 9.2	
การคายของบีด					
10	0	0	0.8125	0.305377	-
	15	15	0.6875	0.170212	0.007383
	30	15	0.5750	0.099851	0.004708
	60	30	0.5000	0.065476	0.001136
	90	30	0.4625	0.051821	0.000455
	120	30	0.4375	0.043863	0.000265
	180	60	0.4250	0.040210	0.000060
	240	60	0.4125	0.036765	0.000057
	360	120	0.4000	0.033523	0.000027
	480	120	0.3875	0.033126	0.000025

การทดลองที่	เวลา (นาที)	ΔT (นาที)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีต (ซม.)	ปริมาตรบีต (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาที)
การบวมของบีต					
12	0	0	0.4000	0.033523	-
	15	15	0.5875	0.106217	0.004846
	30	15	0.6875	0.170212	0.004266
	45	15	0.7500	0.220982	0.003384
	60	15	0.7875	0.255814	0.002322
	120	60	0.8125	0.280959	0.000419
	240	120	0.8250	0.294127	0.000109
				อัตราส่วนการบวม = 8.8	
การคายของบีต					
12	0	0	0.8250	0.297127	-
	15	15	0.7000	0.179666	0.007630
	30	15	0.5875	0.106217	0.004896
	45	15	0.5125	0.070510	0.002380
	60	15	0.4375	0.043863	0.001776
	120	60	0.4125	0.037622	0.000270
	240	120	0.4000	0.033523	0.000138

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาท.)	ΔT (นาท.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีด (ซม.)	ปริมาตรบีด (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาท.)
การบวมของบีด					
13	0	0	0.2250	0.003452	-
	15	15	0.3625	0.009474	0.000401
	30	15	0.4375	0.017981	0.000567
	45	15	0.3750	0.027622	0.000642
	60	15	0.4125	0.036765	0.000609
	120	60	0.4375	0.043863	0.000181
	240	120	0.4500	0.047732	0.000032
อัตราส่วนการบวม = 8.0					
การคายของบีด					
13	0	0	0.5750	0.099581	-
	15	15	0.4750	0.056137	0.002896
	30	15	0.4000	0.033523	0.001507
	45	15	0.3375	0.020136	0.000892
	60	15	0.2875	0.012447	0.000521
	120	60	0.2500	0.008184	0.000071
	240	120	0.2250	0.005966	0.000018

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาที)	ΔT (นาที)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีต (ซม.)	ปริมาตรบีต (ซม. ³)	$\Delta V/\Delta T$ (ซม. ³ /นาที)
การรวมของบีต					
14	0	0	0.1875	0.003452	-
	15	15	0.2625	0.009474	0.000401
	30	15	0.3250	0.017981	0.000567
	45	15	0.3750	0.027622	0.000642
	60	15	0.4125	0.036765	0.000609
	120	60	0.4375	0.043863	0.000181
	240	120	0.4500	0.047732	0.000032
				อัตราส่วนการรวม = 13.8	
การคายของบีต					
14	0	0	0.4500	0.047732	-
	15	15	0.3250	0.017981	0.001983
	30	15	0.2625	0.009474	0.000567
	60	30	0.2125	0.005026	0.000296
	120	60	0.2000	0.004190	0.000147
	240	120	0.1875	0.003452	0.000038

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาที)	ΔT (นาที)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีต (ซม.)	ปริมาตรบีต (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาที)
การบวมของบีต					
15	0	0	0.2125	0.005026	-
	15	15	0.3125	0.015985	0.000730
	30	15	0.3750	0.027622	0.000775
	45	15	0.4250	0.040210	0.000839
	60	15	0.4625	0.051821	0.000774
	120	60	0.4875	0.060687	0.000147
	240	120	0.5000	0.065476	0.000039
	อัตราส่วนการบวม = 13.0				
การคายของบีต					
15	0	0	0.5000	0.065476	-
	15	15	0.3875	0.030478	0.002333
	30	15	0.3000	0.014142	0.001089
	45	15	0.2500	0.008184	0.000397
	60	15	0.2375	0.007017	0.000077
	120	60	0.2250	0.005966	0.000017
	240	120	0.2125	0.005026	0.000007

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาทีก)	ΔT (นาทีก)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีต (ซม.)	ปริมาตรบีต (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาทีก)
การบวมของบีต					
18	0	0	0.4875	0.065961	-
	15	15	0.6250	0.138997	0.004869
	30	15	0.7250	0.216960	0.005197
	45	15	0.7875	0.278047	0.004072
	60	15	0.8375	0.334442	0.003759
	90	30	0.8750	0.381408	0.001565
	120	30	0.9000	0.415044	0.001121
	180	60	0.9125	0.432578	0.000292
	240	60	0.9250	0.450600	0.000300
	300	60	0.9375	0.469116	0.000308
	420	120	0.9500	0.488132	0.000158
	540	120	0.9625	0.507655	0.000162
				อัตราส่วนการบวม = 7.7	
การคายของบีต					
18	0	0	0.9625	0.507655	-
	15	15	0.8625	0.336086	0.008731
	30	15	0.7750	0.243825	0.006150
	45	15	0.7000	0.179666	0.004277
	60	15	0.6375	0.135710	0.002938
	90	30	0.5875	0.106217	0.000983
	120	30	0.5500	0.087148	0.000635
	180	60	0.5375	0.081340	0.000096
	480	60	0.5250	0.075796	0.000092
	300	60	0.5125	0.070510	0.000088
	420	120	0.5000	0.065476	0.000041
	540	120	0.4875	0.065961	0.000039

การทดลองที่	เวลา (นาที)	ΔT (นาที)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีค (ซม.)	ปริมาตรบีค (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาที)
การบวมของบีค					
19	0	0	0.4500	0.051880	-
	15	15	0.6750	0.175096	0.008214
	30	15	0.7500	0.240187	0.004339
	60	30	0.8000	0.291498	0.001710
	90	30	0.8375	0.334442	0.001431
	120	30	0.8625	0.365295	0.001028
	180	60	0.8750	0.381408	0.000268
	300	120	0.8875	0.397986	0.000138
	540	240	0.9000	0.415044	0.000071
				อัตราส่วนการบวม = 8.0	
การคายของบีค					
19	0	0	0.9000	0.415044	-
	15	15	0.7750	0.243825	0.009202
	30	15	0.6750	0.161095	0.005515
	60	30	0.5875	0.106217	0.001829
	90	30	0.5125	0.070510	0.001190
	120	30	0.4875	0.060687	0.000327
	180	60	0.4750	0.056137	0.000075
	300	120	0.4625	0.052921	0.000035
	540	240	0.4500	0.051880	0.000017

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาที)	ΔT (นาที)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีด (ซม.)	ปริมาตรบีด (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาที)
การบวมของบีด					
20	0	0	0.5375	0.088410	-
	15	15	0.8125	0.305377	0.014464
	30	15	0.9000	0.415044	0.007311
	60	30	0.9625	0.507655	0.003087
	90	30	1.0125	0.590951	0.002776
	120	30	1.0500	0.659074	0.002270
	180	60	1.0750	0.707281	0.000803
	300	120	1.0875	0.732241	0.000208
	420	120	1.1000	0.757782	0.000212
	780	360	1.1125	0.783910	0.000072
	1200	420	1.1250	0.810632	0.000063
				อัตราส่วนการบวม = 9.2	
การคายของบีด					
20	0	0	1.1250	0.810632	-
	15	15	1.0125	0.543698	0.013474
	30	15	0.9125	0.397989	0.009713
	60	30	0.8250	0.294127	0.003462
	90	30	0.7500	0.220982	0.002438
	120	30	0.6875	0.170212	0.001692
	180	60	0.6375	0.135710	0.000575
	300	120	0.6000	0.113142	0.000188
	420	120	0.5750	0.099581	0.000113
	780	360	0.5500	0.090148	0.000034
	1200	420	0.5375	0.088410	0.000013

การทดลองที่	เวลา (นาที)	ΔT (นาที)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีด (ซม.)	ปริมาตรบีด (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาที)
การบวมของบีด					
21	0	0	0.5000	0.071167	-
	15	15	0.7875	0.278047	0.013792
	30	15	0.8750	0.381408	0.006890
	60	30	0.9500	0.488132	0.003557
	90	30	1.0000	0.569333	0.002706
	120	30	1.0375	0.635815	0.002216
	180	60	1.0500	0.659074	0.000387
	240	60	1.0625	0.682894	0.000396
	360	120	1.0750	0.707281	0.000203
	480	120	1.0875	0.732241	0.000208
	840	360	1.1000	0.757782	0.000071
	1200	360	1.1125	0.783910	0.000073
				อัตราส่วนการบวม = 11.0	
การคายของบีด					
21	0	0	1.1125	0.783910	-
	15	15	1.0000	0.523809	0.013161
	30	15	0.7625	0.232216	0.019439
	60	30	0.6750	0.161095	0.002370
	90	30	0.6000	0.113142	0.001598
	120	30	0.5750	0.099581	0.000452
	180	60	0.5625	0.093226	0.000105
	240	60	0.5500	0.087148	0.000101
	360	120	0.5375	0.081340	0.000048
	480	120	0.5250	0.075796	0.000046
	840	360	0.5125	0.073510	0.000014
	1200	360	0.5000	0.071167	0.000013

การทดลองที่	เวลา (นาที)	ΔT (นาที)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีต (ซม.)	ปริมาตรบีต (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาที)
การรวมของบีต					
22	0	0	0.6125	0.098117	-
	15	15	0.7875	0.208535	0.007361
	30	15	0.9250	0.337950	0.008627
	45	15	1.0500	0.494305	0.010423
	60	15	1.1625	0.670821	0.011767
	90	30	1.2375	0.809214	0.004613
	120	30	1.3000	0.938119	0.004296
	150	30	1.3500	1.050580	0.003748
	180	30	1.3875	1.140582	0.003000
	240	60	1.4000	1.171688	0.000518
	300	60	1.4125	1.203353	0.000527
	360	60	1.4250	1.235584	0.000537
	420	60	1.4375	1.268385	0.000546
	480	60	1.4500	1.301762	0.000556
	600	120	1.4625	1.335720	0.000282
	720	120	1.4750	1.370263	0.000287
	960	240	1.4875	1.405396	0.000146
	1200	240	1.5000	1.441125	0.000148
อัตราส่วนการรวม = 14.7					

ศูนย์วิทยพัชยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาที)	ΔT (นาที)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีด (ซม.)	ปริมาตรบีด (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาที)
การคายของบีด					
22	0	0	1.5000	1.441125	-
	15	15	1.3375	1.253299	0.034303
	30	15	1.2125	0.933724	0.021304
	45	15	1.1000	0.697190	0.015768
	60	15	1.0000	0.523809	0.015768
	90	30	0.9125	0.397989	0.011558
	120	30	0.8375	0.307700	0.004193
	150	30	0.7750	0.243825	0.003009
	180	30	0.7250	0.199612	0.002129
	240	60	0.7125	0.189464	0.001473
	300	60	0.7000	0.179666	0.000169
	360	60	0.6875	0.170212	0.000157
	420	60	0.6750	0.161095	0.000151
	480	60	0.6625	0.152310	0.000146
	600	120	0.6500	0.143851	0.000070
	720	120	0.6375	0.135710	0.000067
	960	240	0.6250	0.127883	0.000032
	1200	240	0.6125	0.098117	0.000031

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาที)	ΔT (นาที)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีค (ซม.)	ปริมาตรบีค (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาที)
การบวมของบีค					
23	0	0	0.7000	0.179603	-
	15	15	0.8375	0.307591	0.008532
	30	15	0.9625	0.466898	0.010620
	45	15	1.0750	0.650497	0.012239
	60	15	1.1755	0.849442	0.013262
	90	30	1.2625	1.053694	0.006808
	120	30	1.3250	1.218058	0.005478
	150	30	1.3625	1.324432	0.003545
	180	30	1.3875	1.398683	0.002475
	240	60	1.4000	1.436827	0.000635
	300	60	1.4125	1.475658	0.000647
	360	60	1.4250	1.515182	0.000658
	480	120	1.4375	1.555406	0.000335
	600	120	1.4500	1.596336	0.000341
	720	120	1.4625	1.637977	0.000347
	840	120	1.4750	1.680337	0.000352
	960	120	1.4875	1.723420	0.000359
	1080	120	1.5000	1.767234	0.000365
	1200	120	1.5125	1.811784	0.000371

อัตราส่วนการบวม = 10.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาที)	ΔT (นาที)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีด (ซม.)	ปริมาตรบีด (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาที)
การคายของบีด					
23	0	0	1.5125	1.950601	-
	15	15	1.3750	1.361700	0.039260
	30	15	1.2625	1.054065	0.020508
	45	15	1.1750	0.849741	0.013621
	60	15	1.0875	0.673691	0.011736
	90	30	1.0125	0.543698	0.004333
	120	30	0.9500	0.449101	0.003153
	150	30	0.9000	0.381857	0.002241
	180	30	0.8500	0.321684	0.002005
	240	60	0.8125	0.280959	0.000678
	300	60	0.7875	0.255814	0.000419
	360	60	0.7750	0.243825	0.000199
	480	120	0.7500	0.220982	0.000190
	600	120	0.7375	0.210116	0.000090
	720	120	0.7250	0.199612	0.000087
	840	120	0.7125	0.189464	0.000084
	960	120	0.7000	0.179666	0.000081
	1200	240	0.6875	0.170212	0.000078

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาที)	ΔT (นาที)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีด (ซม.)	ปริมาตรบีด (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาที)
การบวมของบีด					
24	0	0	0.6875	0.170152	-
	15	15	0.8375	0.307576	0.009162
	30	15	0.9750	0.485326	0.018500
	45	15	1.1000	0.696944	0.014107
	60	15	1.1875	0.876841	0.011993
	90	30	1.2625	1.053694	0.005895
	120	30	1.3250	1.218058	0.005478
	150	30	1.3750	1.361220	0.004772
	180	30	1.4125	1.475658	0.003814
	240	60	1.4375	1.555406	0.001329
	300	60	1.4500	1.596336	0.000682
	360	60	1.4625	1.637977	0.000694
	480	120	1.4750	1.680337	0.000352
	600	120	1.4875	1.723420	0.000359
	720	120	1.5000	1.767234	0.000365
	840	120	1.5125	1.811784	0.000371
	960	120	1.5250	1.857076	0.000377
	1080	120	1.5375	1.903118	0.000383
	1200	120	1.5500	1.9499914	0.000389

อัตราส่วนการบวม = 11.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาที)	ΔT (นาที)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีด (ซม.)	ปริมาตรบีด (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาที)
การคายของบีด					
24	0	0	1.5500	1.949914	-
	15	15	1.3750	1.361700	0.039260
	30	15	1.2625	1.054065	0.020508
	45	15	1.1750	0.849741	0.013621
	60	15	1.0875	0.673691	0.011736
	90	30	1.0125	0.543698	0.004333
	120	30	0.9500	0.449101	0.003153
	150	30	0.9000	0.381857	0.002241
	180	30	0.8500	0.321684	0.002005
	240	60	0.8125	0.280959	0.000678
	300	60	0.7875	0.255814	0.000419
	360	60	0.7750	0.243825	0.000199
	480	120	0.7500	0.220982	0.000190
	600	120	0.7375	0.210116	0.000090
	720	120	0.7250	0.199612	0.000087
	840	120	0.7125	0.189464	0.000084
	960	120	0.7000	0.179666	0.000081
	1200	240	0.6875	0.170152	0.000078

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาที)	ΔT (นาที)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีด (ซม.)	ปริมาตรบีด (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาที)
การบวมของบีด					
25	0	0	0.6250	0.127388	-
	15	15	0.7755	0.243739	0.007726
	30	15	0.9000	0.381722	0.009198
	45	15	1.0125	0.543507	0.010785
	60	15	1.1125	0.720975	0.011831
	90	30	1.1875	0.876841	0.005195
	120	30	1.2500	1.022705	0.004862
	150	30	1.2875	1.117537	0.003161
	180	30	1.3000	1.150404	0.001095
	240	60	1.3125	1.183908	0.000558
	300	60	1.3250	1.218058	0.000569
	360	60	1.3375	1.252857	0.000579
	480	120	1.3500	1.288313	0.000295
	720	240	1.3625	1.324432	0.000150
	960	240	1.3750	1.361220	0.000153
	1200	240	1.3875	1.398683	0.000156

อัตราส่วนการบวม = 10.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาที)	ΔT (นาที)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีด (ซม.)	ปริมาตรบีด (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาที)
การคายของบีด					
25	0	0	1.3875	1.399176	-
	15	15	1.2500	1.023065	0.025074
	30	15	1.1375	0.770952	0.016807
	45	15	1.0375	0.584975	0.012398
	60	15	0.9500	0.449101	0.009058
	90	30	0.8750	0.350911	0.003272
	120	30	0.8125	0.280959	0.002331
	150	30	0.7625	0.232216	0.001624
	180	30	0.7250	0.199612	0.001086
	240	60	0.7000	0.179666	0.000332
	300	60	0.6875	0.170212	0.000157
	360	60	0.6750	0.161095	0.000151
	480	120	0.6625	0.152310	0.000073
	720	240	0.6500	0.143851	0.000035
	960	240	0.6375	0.135710	0.000033
	1200	240	0.6250	0.127883	0.000032

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาที)	ΔT (นาที)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีต (ซม.)	ปริมาตรบีต (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาที)
การบวมของบีต					
26	0	0	0.4125	0.036765	-
	15	15	0.5375	0.081340	0.002971
	30	15	0.6500	0.143851	0.004167
	45	15	0.7500	0.220982	0.005142
	60	15	0.8375	0.307700	0.005781
	90	30	0.9000	0.381857	0.002471
	120	30	0.9500	0.449101	0.002241
	180	60	0.9875	0.504411	0.000921
	240	60	1.0125	0.543698	0.000654
	360	120	1.0250	0.564085	0.000169
	480	120	1.0375	0.584975	0.000174
	720	240	1.0500	0.606375	0.000089
	960	240	1.0625	0.628290	0.000060
	1200	240	1.0750	0.650726	0.000062
อัตราส่วนการบวม = 17.7					

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาที)	ΔT (นาที)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีค (ซม.)	ปริมาตรบีค (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาที)
การคายของบีค					
26	0	0	1.0750	0.650726	-
	15	15	0.9250	0.414570	0.015743
	30	15	0.8625	0.336086	0.005262
	45	15	0.7250	0.199612	0.009098
	60	15	0.6500	0.143851	0.003717
	90	30	0.5875	0.106217	0.001254
	120	30	0.5375	0.081340	0.000829
	180	60	0.5000	0.065476	0.000264
	240	60	0.4875	0.060687	0.000079
	360	120	0.4625	0.051821	0.000073
	480	120	0.4500	0.047732	0.000034
	720	240	0.4375	0.043863	0.000016
	960	240	0.4250	0.040210	0.000010
	1200	240	0.4125	0.036765	0.000009

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาท.)	ΔT (นาท.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีต (ซม.)	ปริมาตรบีต (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาท.)
การบวมของบีต					
27	0	0	0.3375	0.020136	-
	15	15	0.4375	0.043863	0.001581
	30	15	0.5250	0.075796	0.002128
	45	15	0.6000	0.113142	0.002489
	60	15	0.6625	0.152310	0.002611
	90	30	0.7125	0.189494	0.001238
	120	30	0.7500	0.220982	0.001050
	180	60	0.7625	0.232216	0.000187
	240	60	0.7750	0.243825	0.000193
	360	120	0.7875	0.255814	0.000099
	480	120	0.8000	0.268190	0.000103
	720	240	0.8125	0.280959	0.000053
	960	240	0.8250	0.294127	0.000036
	1200	240	0.8375	0.307700	0.000037
					อัตราส่วนการบวม = 15.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาที)	ΔT (นาที)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีด (ซม.)	ปริมาตรบีด (ซม. ³)	$\Delta V / \Delta T$ (ซม. ³ /นาที)
การคายของบีด					
27	0	0	0.8375	0.307700	-
	15	15	0.7375	0.210116	0.006505
	30	15	0.6500	0.143851	0.004417
	45	15	0.5750	0.099581	0.002951
	60	15	0.5125	0.070510	0.001938
	90	30	0.4625	0.051821	0.000622
	120	30	0.4250	0.040210	0.000387
	180	60	0.4125	0.036765	0.000057
	240	60	0.4000	0.033523	0.000054
	360	120	0.3875	0.030478	0.000025
	480	120	0.3750	0.027622	0.000023
	720	240	0.3625	0.024951	0.000011
	960	240	0.3500	0.022458	0.000006
	1200	240	0.3375	0.020136	0.000006

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข. ข้อมูลในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่

การทดลองที่	เวลา (นาทีก)	ΔT (นาทีก)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีด (ซม.)	a (ซม.)	$\ln(\Delta a / \Delta a_0)$
18	0	0	0.4875	-	-
	15	15	0.6250	0.1375	-1.23969
	30	15	0.7250	0.1000	-1.55814
	45	15	0.7875	0.0625	-2.02814
	60	15	0.8375	0.0500	-2.25129
	90	30	0.8750	0.0375	-2.53897
	120	30	0.9000	0.0250	-2.94443
	180	60	0.9125	0.0125	-3.63758
	240	60	0.9250	0.0125	-3.63758
	300	60	0.9375	0.0125	-3.63758
	420	120	0.9500	0.0125	-3.63758
	540	120	0.9625	0.0125	-3.63758
	19	0	0	0.4500	-
15		15	0.6750	0.2250	-0.69314
30		15	0.7500	0.0750	-1.79175
60		30	0.8000	0.0500	-2.19722
90		30	0.8375	0.0375	-2.48490
120		30	0.8625	0.0250	-2.89037
180		60	0.8750	0.0125	-3.58351
300		120	0.8875	0.0125	-3.58351
540	240	0.9000	0.0125	-3.53851	

การทดลองที่	เวลา (นาท.)	ΔT (นาท.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง หลอด (ซม.)	a (ซม.)	$\ln(\Delta a / \Delta a_0)$
20	0	0	0.5375	-	-
	15	15	0.8125	0.2750	-0.75910
	30	15	0.9000	0.0875	-1.90423
	60	30	0.9625	0.0625	-2.24070
	90	30	1.0125	0.0500	-2.46277
	120	30	1.0500	0.0375	-2.75453
	180	60	1.0750	0.0250	-3.85014
	300	120	1.0875	0.0125	-3.85014
	420	120	1.1000	0.0125	-3.85014
	780	360	1.1125	0.0125	-3.85014
	1200	420	1.1250	0.0125	-3.85014
	21	0	0	0.5000	-
15		15	0.7875	0.2875	-0.75632
30		15	0.8750	0.0875	-1.94591
60		30	0.9500	0.0750	-2.10006
90		30	1.0000	0.0500	-2.50552
120		30	1.0375	0.0375	-2.79320
180		60	1.0500	0.0125	-3.89182
240		60	1.0625	0.0125	-3.89182
360		120	1.0750	0.0125	-3.89182
480		120	1.0875	0.0125	-3.89182
840		360	1.1000	0.0125	-3.89182
1200		360	1.1125	0.0125	-3.89182

การทดลองที่	เวลา (นาทีก)	ΔT (นาทีก)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีด (ซม.)	a (ซม.)	$\ln(\Delta a/\Delta a_0)$
22	0	0	0.6125	-	-
	15	15	0.7875	0.1750	-1.62362
	30	15	0.9250	0.1375	-1.86478
	45	15	1.0500	0.1250	-1.96009
	60	15	1.1625	0.1125	-2.06545
	90	30	1.2375	0.0750	-2.47092
	120	30	1.3000	0.0625	-2.65324
	150	30	1.3500	0.0500	-2.87638
	180	30	1.3875	0.0375	-3.16406
	240	60	1.4000	0.0125	-4.26267
	300	60	1.4125	0.0125	-4.26267
	360	60	1.4250	0.0125	-4.26267
	420	60	1.4375	0.0125	-4.26267
	480	60	1.4500	0.0125	-4.26267
	600	120	1.4625	0.0125	-4.26267
	720	120	1.4750	0.0125	-4.26267
	960	240	1.4875	0.0125	-4.26267
	1200	240	1.5000	0.0125	-4.26267

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาท.)	ΔT (นาท.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีด (ซม.)	a (ซม.)	$\ln(\Delta a / \Delta a_0)$
23	0	0	0.7000	-	-
	15	15	0.8375	0.1375	-1.77649
	30	15	0.9625	0.1250	-1.87180
	45	15	1.0750	0.1125	-1.97716
	60	15	1.1755	0.1000	-2.09494
	90	30	1.2625	0.0875	-2.22847
	120	30	1.3250	0.0625	-2.56496
	150	30	1.3625	0.0375	-3.07577
	180	30	1.3875	0.0250	-3.48124
	240	60	1.4000	0.0125	-4.17438
	300	60	1.4125	0.0125	-4.17438
	360	60	1.4250	0.0125	-4.17438
	480	120	1.4375	0.0125	-4.17438
	600	120	1.4500	0.0125	-4.17438
	720	120	1.4625	0.0125	-4.17438
	840	120	1.4750	0.0125	-4.17438
960	120	1.4875	0.0125	-4.17438	
1080	120	1.5000	0.0125	-4.17438	
1200	120	1.5125	0.0125	-4.17438	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาที)	ΔT (นาที)	เส้นผ่านศูนย์กลาง หลอด (ซม.)	a (ซม.)	$\ln(\Delta a/\Delta a_0)$
24	0	0	0.6875	-	-
	15	15	0.8375	0.1625	-1.66915
	30	15	0.9750	0.1500	-1.74950
	45	15	1.1000	0.1375	-2.28819
	60	15	1.1875	0.0875	-2.44234
	90	30	1.2625	0.0750	-2.62466
	120	30	1.3250	0.0625	-2.84781
	150	30	1.3750	0.0500	-3.13549
	180	30	1.4125	0.0375	-3.54095
	240	60	1.4375	0.0250	-4.23410
	300	60	1.4500	0.0125	-4.23410
	360	60	1.4625	0.0125	-4.23410
	480	120	1.4750	0.0125	-4.23410
	600	120	1.4875	0.0125	-4.23410
	720	120	1.5000	0.0125	-4.23410
	840	120	1.5125	0.0125	-4.23410
	960	120	1.5250	0.0125	-4.23410
	1080	120	1.5375	0.0125	-4.23410
	1200	120	1.5500	0.0125	-4.23410

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาทีก)	ΔT (นาทีก)	เส้นผ่านศูนย์กลาง ปัด (ซม.)	a (ซม.)	$\ln(\Delta a / \Delta a_0)$
25	0	0	0.6250	-	-
	15	15	0.7755	0.1500	-1.62596
	30	15	0.9000	0.1250	-1.80828
	45	15	1.0125	0.11250	-1.91364
	60	15	1.1125	0.1000	-2.03143
	90	30	1.1875	0.0750	-2.31911
	120	30	1.2500	0.0625	-2.50143
	150	30	1.2875	0.0375	-3.01226
	180	30	1.3000	0.0125	-4.11087
	240	60	1.3125	0.0125	-4.11087
	300	60	1.3250	0.0125	-4.11087
	360	60	1.3375	0.0125	-4.11087
	480	120	1.3500	0.0125	-4.11087
	600	240	1.3625	0.0125	-4.11087
	840	240	1.3750	0.0125	-4.11087
	1200	240	1.3875	0.0125	-4.11087

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาท.)	ΔT (นาท.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีต (ซม.)	a (ซม.)	$\ln(\Delta a / \Delta a_0)$
26	0	0	0.4125	-	-
	15	15	0.5375	0.1250	-1.66770
	30	15	0.6500	0.1125	-1.77306
	45	15	0.7500	0.1000	-1.89085
	60	15	0.8375	0.0875	-2.02438
	90	30	0.9000	0.0625	-2.36085
	120	30	0.9500	0.0500	-2.58399
	180	60	0.9875	0.0375	-2.87167
	240	60	1.0125	0.0250	-3.27714
	360	120	1.0250	0.0125	-3.97029
	480	120	1.0375	0.0125	-3.97029
	720	240	1.0500	0.0125	-3.97029
	960	240	1.0625	0.0125	-3.97029
	1200	240	1.0750	0.0125	-3.97029

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	เวลา (นาทีก)	ΔT (นาทีก)	เส้นผ่านศูนย์กลาง บีก (ซม.)	a (ซม.)	$\ln(\Delta a/\Delta a_0)$
27	0	0	0.3375	-	-
	15	15	0.4375	0.1250	-1.66770
	30	15	0.5250	0.1125	-1.77306
	45	15	0.6000	0.1000	-1.89085
	60	15	0.6625	0.0875	-2.02438
	90	30	0.7125	0.0625	-2.36085
	120	30	0.7500	0.0500	-2.58399
	180	60	0.7625	0.0375	-2.87167
	240	60	0.7750	0.0250	-3.27714
	360	120	0.7875	0.0125	-3.97029
	480	120	0.8000	0.0125	-3.97029
	720	240	0.8125	0.0125	-3.97029
	960	240	0.8250	0.0125	-3.97029
	1200	240	0.8375	0.0125	-3.97029

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค. การคำนวณสัมประสิทธิ์การแพร่

จากสมการ (6) เมื่อนำข้อมูลในภาคผนวก ข. คือ ค่า $\ln(\Delta a_e/\Delta a_o)$ กับเวลา มาสร้างกราฟเส้นตรงและหาค่าความชันของเส้นตรงดังสมการต่อไปนี้

$$\ln(\Delta a_e/\Delta a_o) = \text{const} - t/T \quad \text{สำหรับ } t/T > 0.25 \quad \dots\dots\dots (6)$$

ΔT = characteristic swelling time

Δa_e = รัศมีที่เปลี่ยนแปลงไปที่เวลาใด ๆ

Δa_o = รัศมีที่เปลี่ยนแปลงไปตอนสุดท้าย

a = รัศมีสุดท้าย

$-1/T$ = slope = -0.0166 (หาได้จากรูปที่ ก)

จากสมการ 7

$$T = a^2/D$$

$$D = a^2/T$$

จากผลการทดลองที่ 19

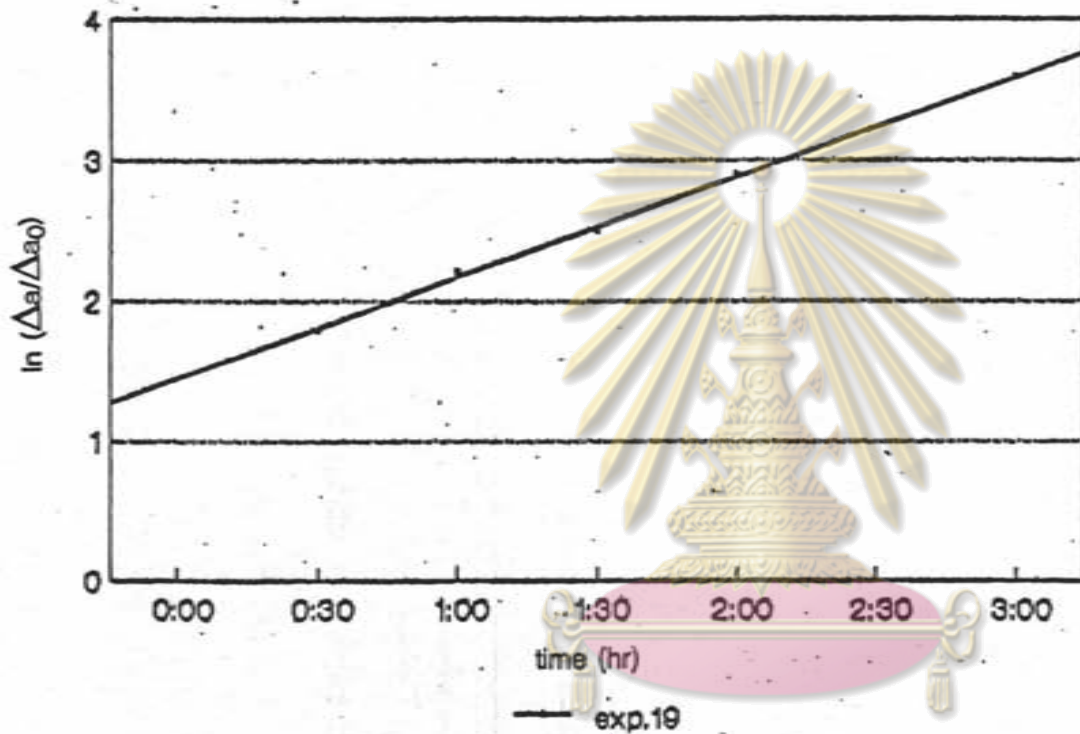
$$a = 0.9 \text{ ซม.}$$

$$T = 60.23 \text{ นาที}$$

ดังนั้น

$$D = 0.014 \text{ ตร.ซม./นาที}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



R-Square 0.872
 Std.Err.of Prediction 0.488
 Correlation Coefficient 0.933

รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(\Delta a/\Delta a_0)$ กับเวลาของบีดที่ผ่านการเลี้ยง 12 ชม.

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง. การคำนวณค่า Crosslink density

จากสมการ 9 สามารถคำนวณค่า q (Crosslink density) ได้

$$q = M_c/M_e \dots\dots\dots 9$$

M_e = น้ำหนักโมเลกุลของโพลีเมอร์

M_c = average molecular weight between crosslink
(คำนวณได้จากสมการที่ 10)

$$M_c = [V.D (\phi_p^{1/3} - \phi_p/2)/[\ln(1-\phi_p^2)]] \dots\dots\dots(10)$$

V = molar volume ของตัวทำละลาย

D = ความหนาแน่นของโพลีเมอร์

ϕ_p = volume fraction ของโพลีเมอร์ใน swollen gel

จากการทดลองที่ 19

$$\phi_p = 1/\text{อัตราส่วนการบวม} = 0.133$$

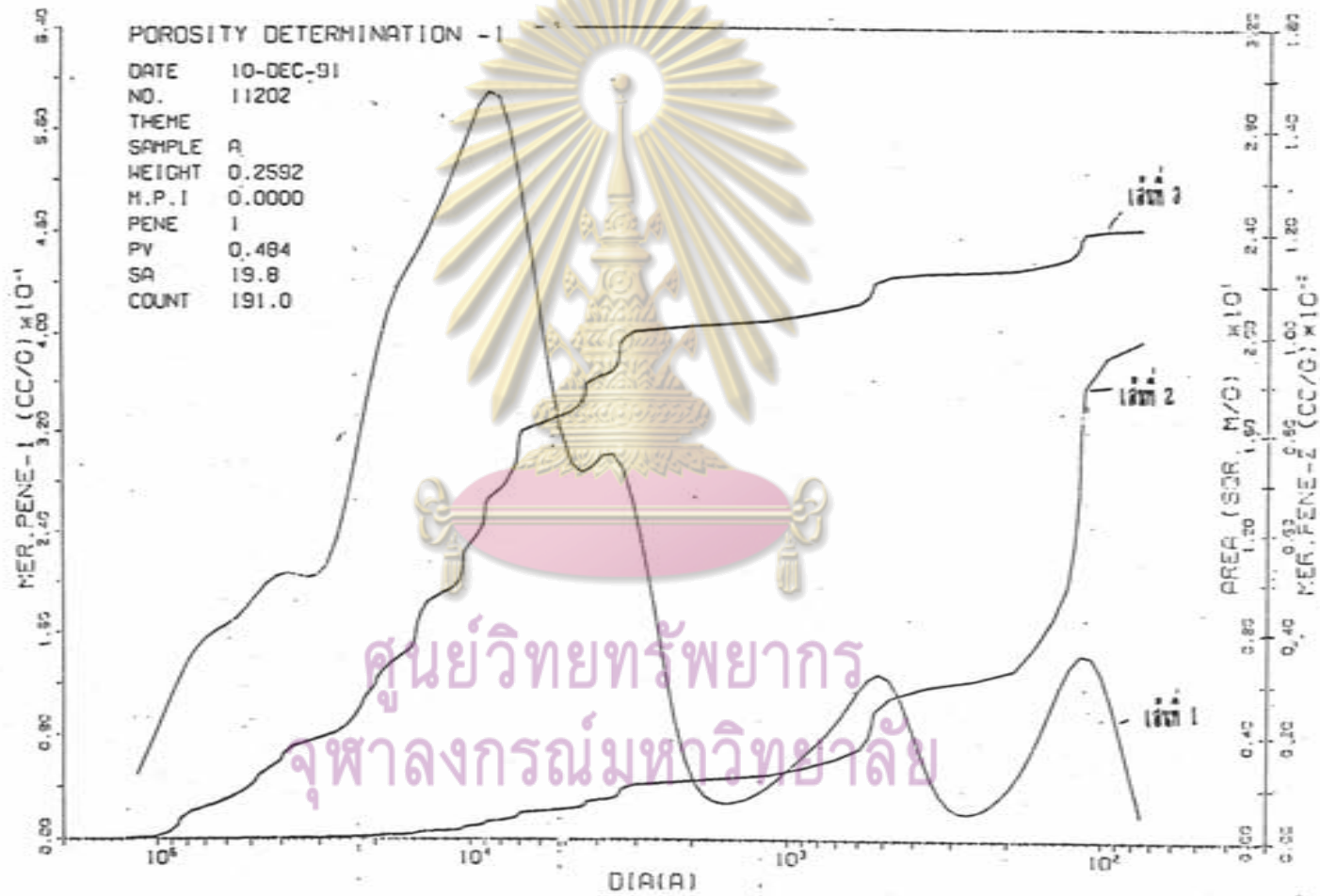
X_1 = Flory-Huggins interaction parameter ระหว่างตัวทำละลายและโพลีเมอร์

$$X_1 = 0.431 - 0.311 \phi_p - 0.036 \phi_p^2 \\ = 0.389$$

$$D = 0.749 \text{ กรัม/ลบ. ซม.}$$

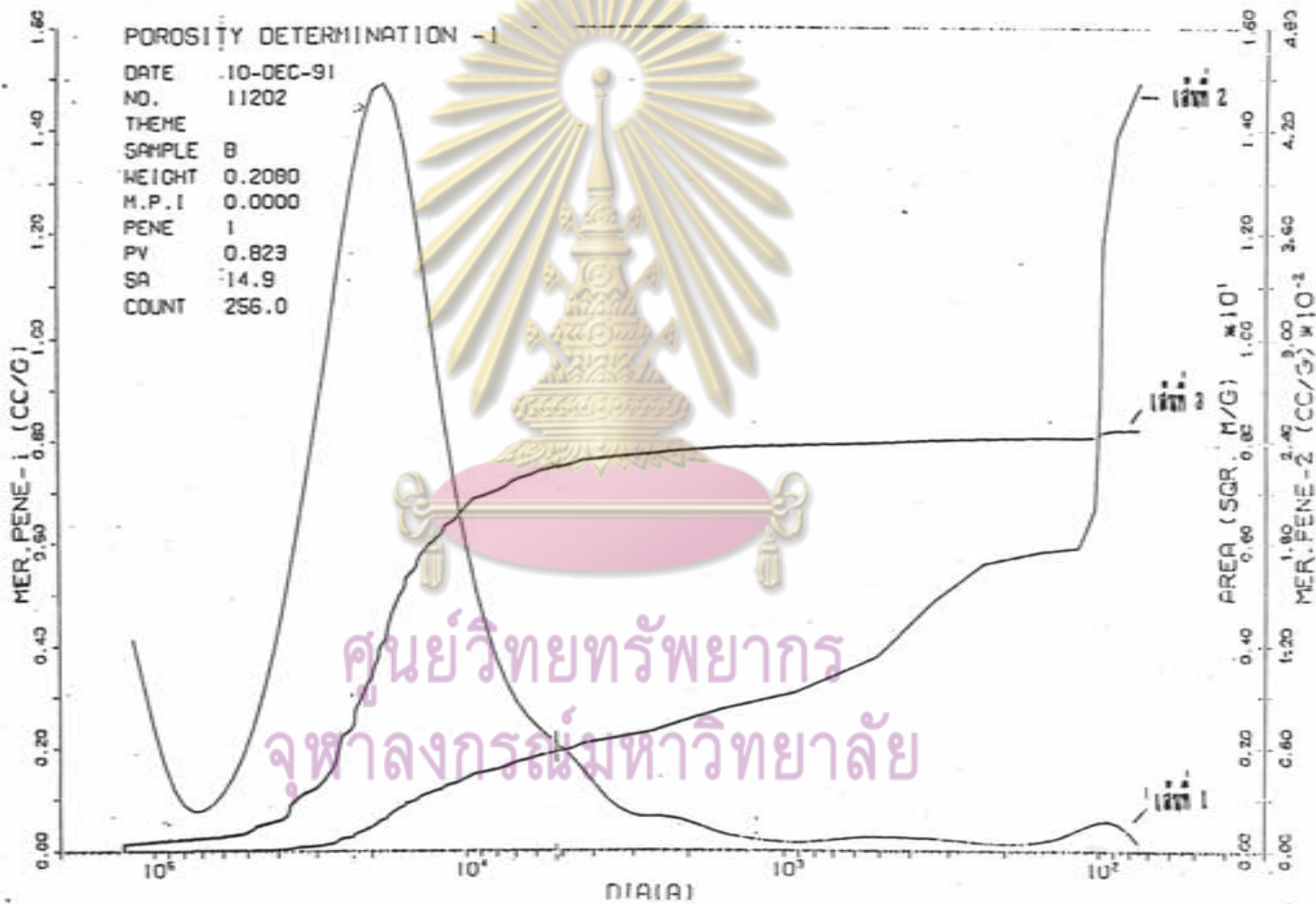
$$V = 106.3 \text{ ลบ. ซม./โมล}$$

เมื่อแทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการ 9 และ 10 ได้ $q = 12.403$

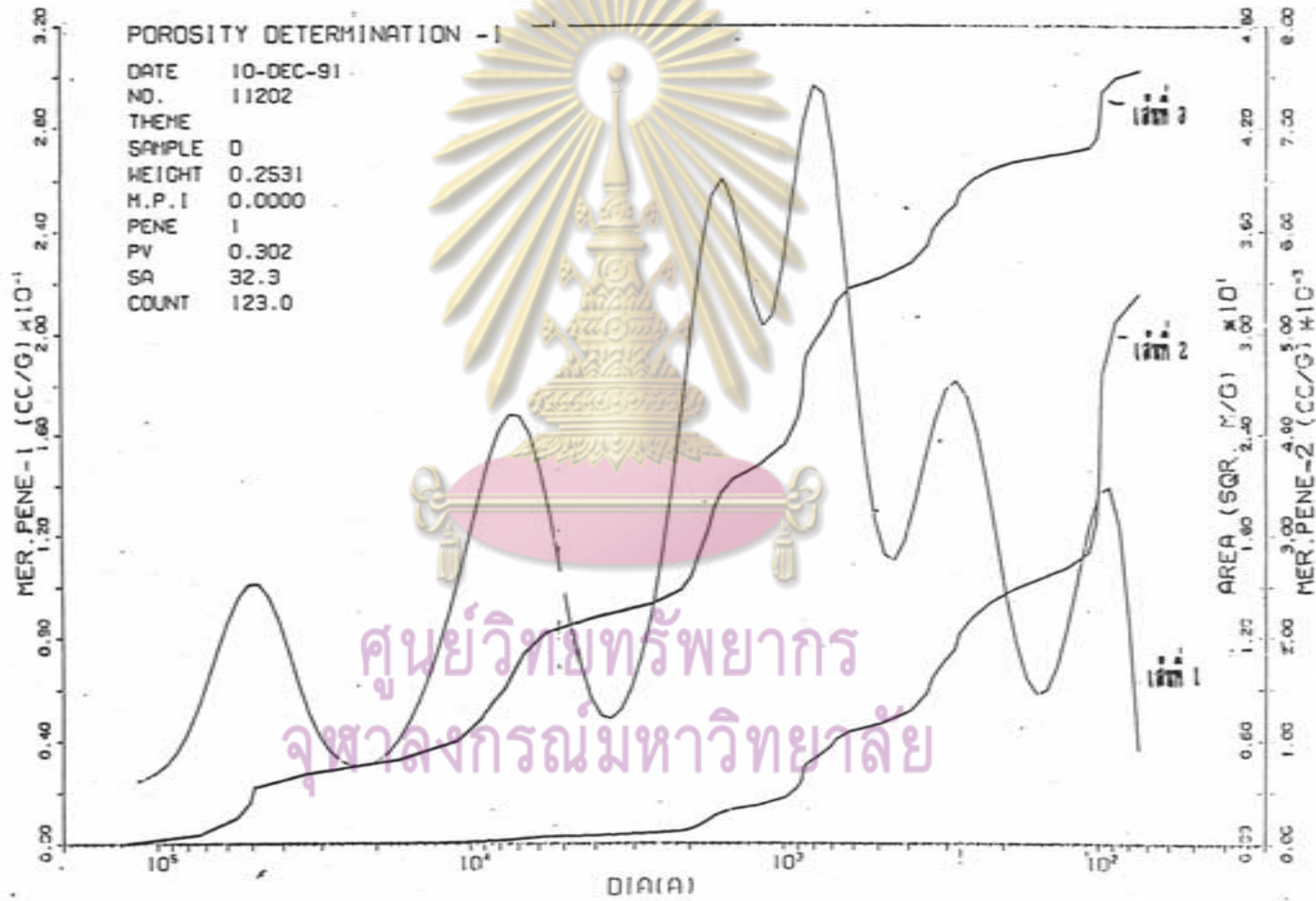


ภาคผนวก จ. ข้อมูลในการหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและค่าปริมาตรโพรงของบีดจากการทดลองที่ 4

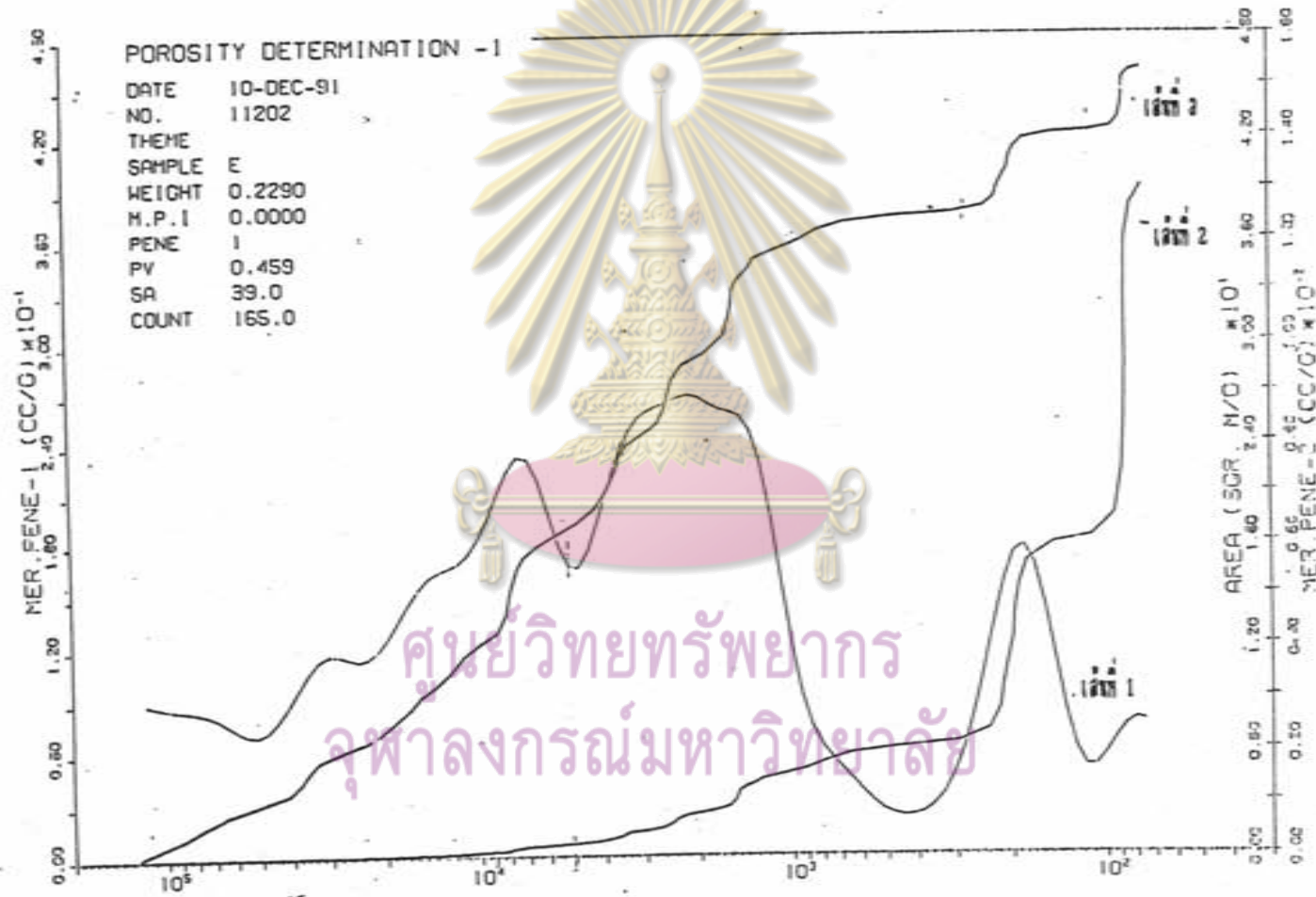
รูปที่ 2 ข้อมูลในการหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและค่าปริมาตรโพรงของบีดจากการทดลองที่ 4



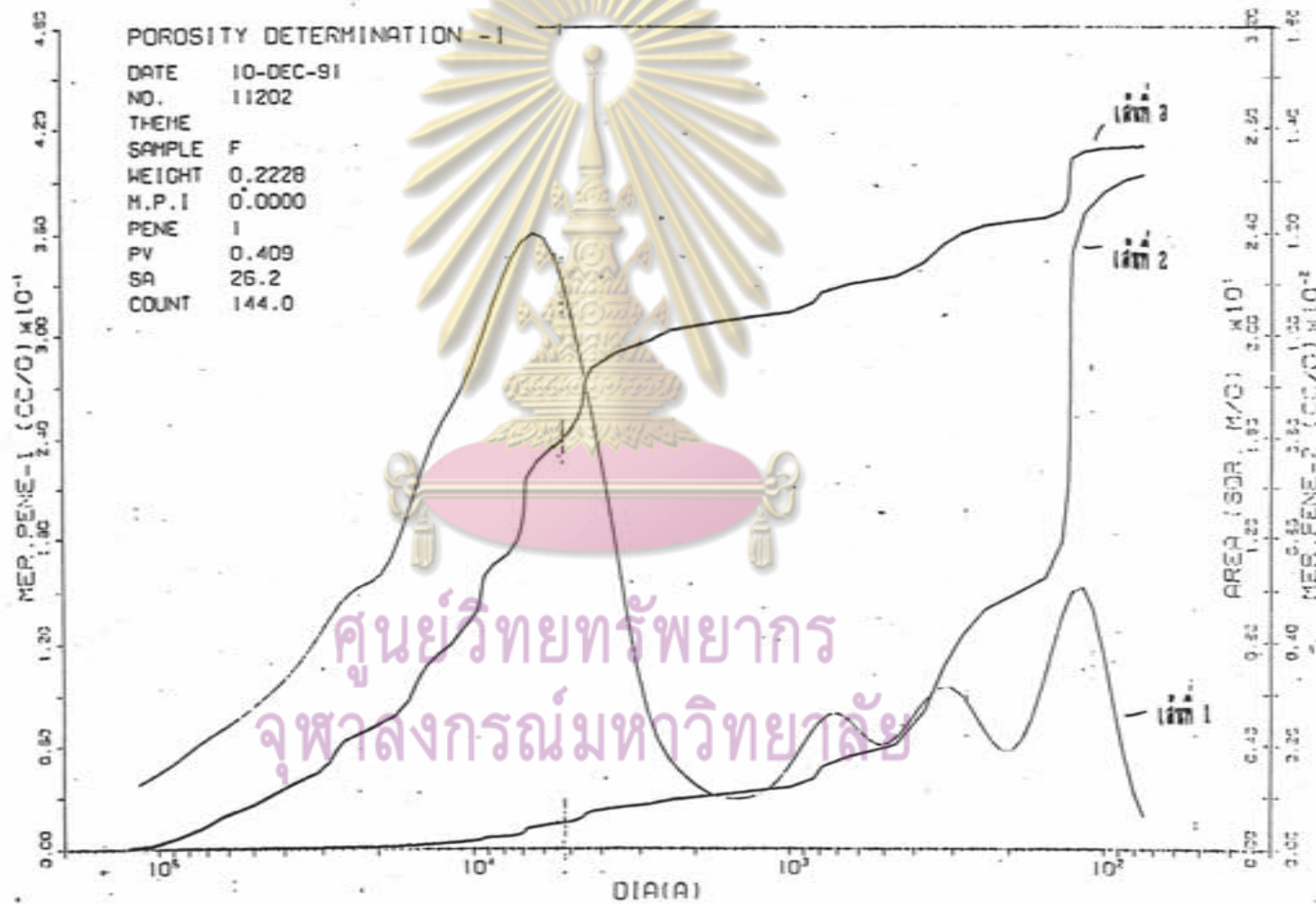
รูปที่ 3 ข้อมูลในการหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและค่าปริมาตรโพรงของบีดจากการทดลองที่ 6



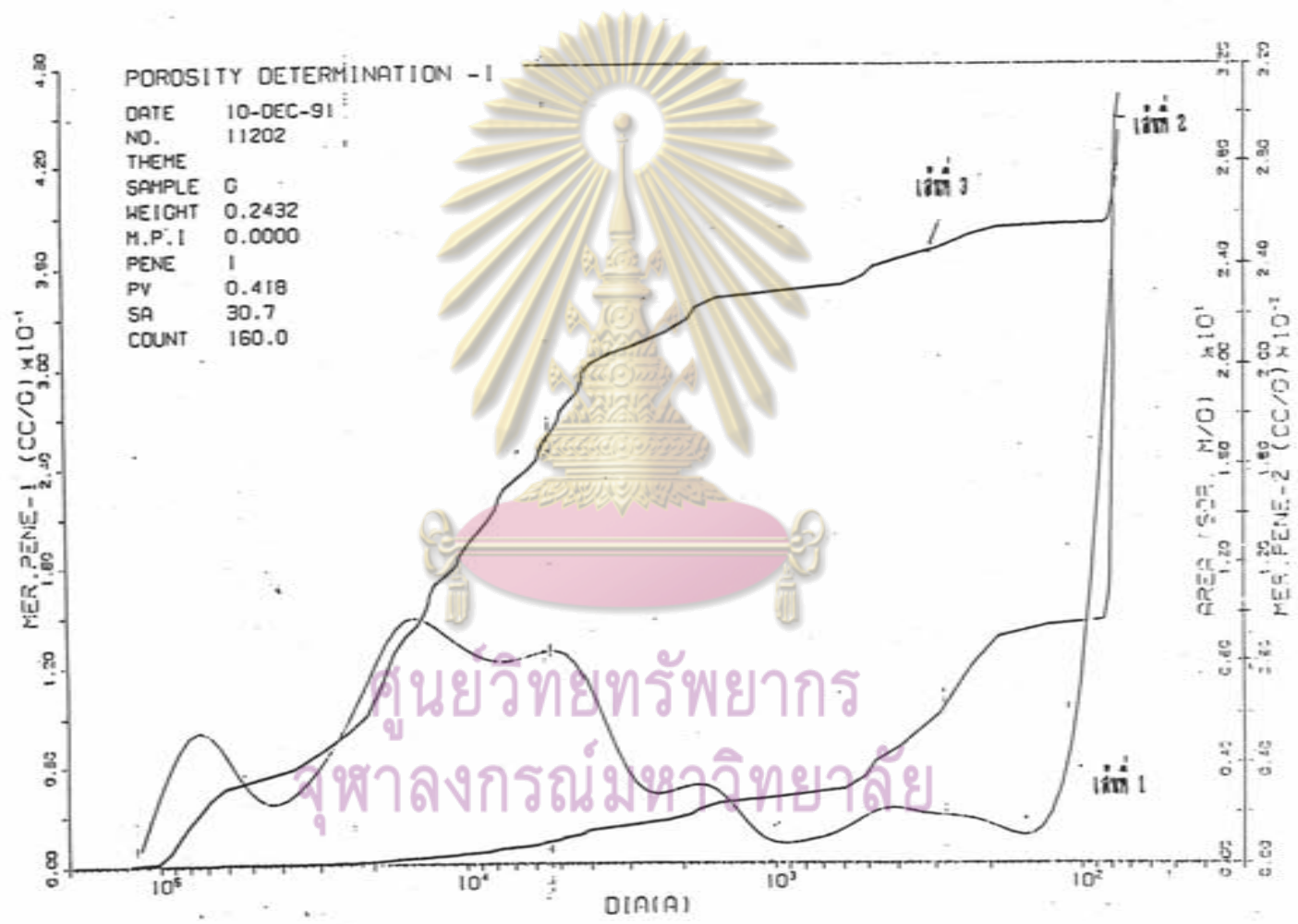
รูปที่ 4 ข้อมูลในการหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและค่าปริมาตร โพรงของบีดจากการทดลองที่ 18



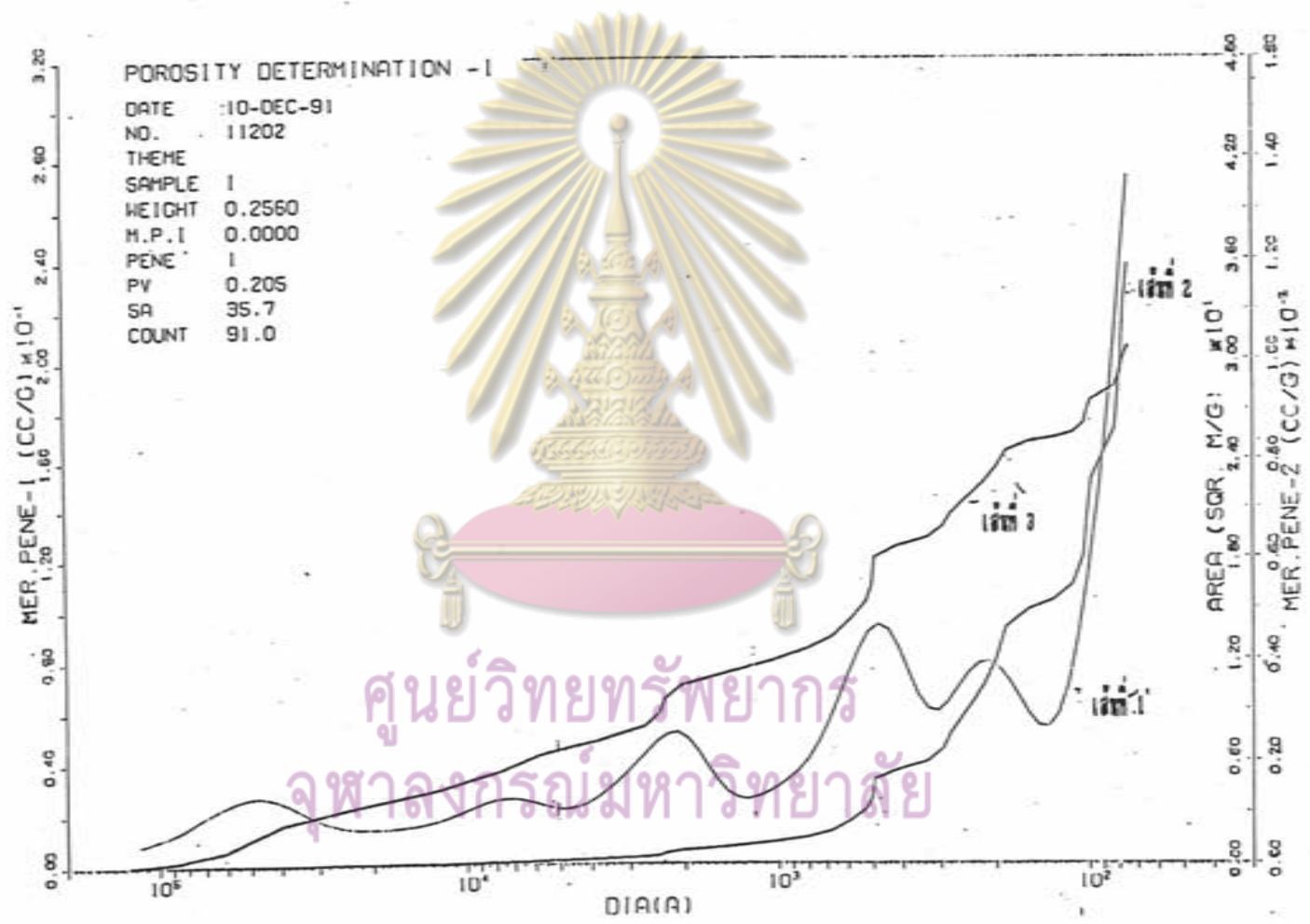
รูปที่ 5 ข้อมูลในการหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและค่าปริมาณรูพรองของบีดจากการทดลองที่ 19



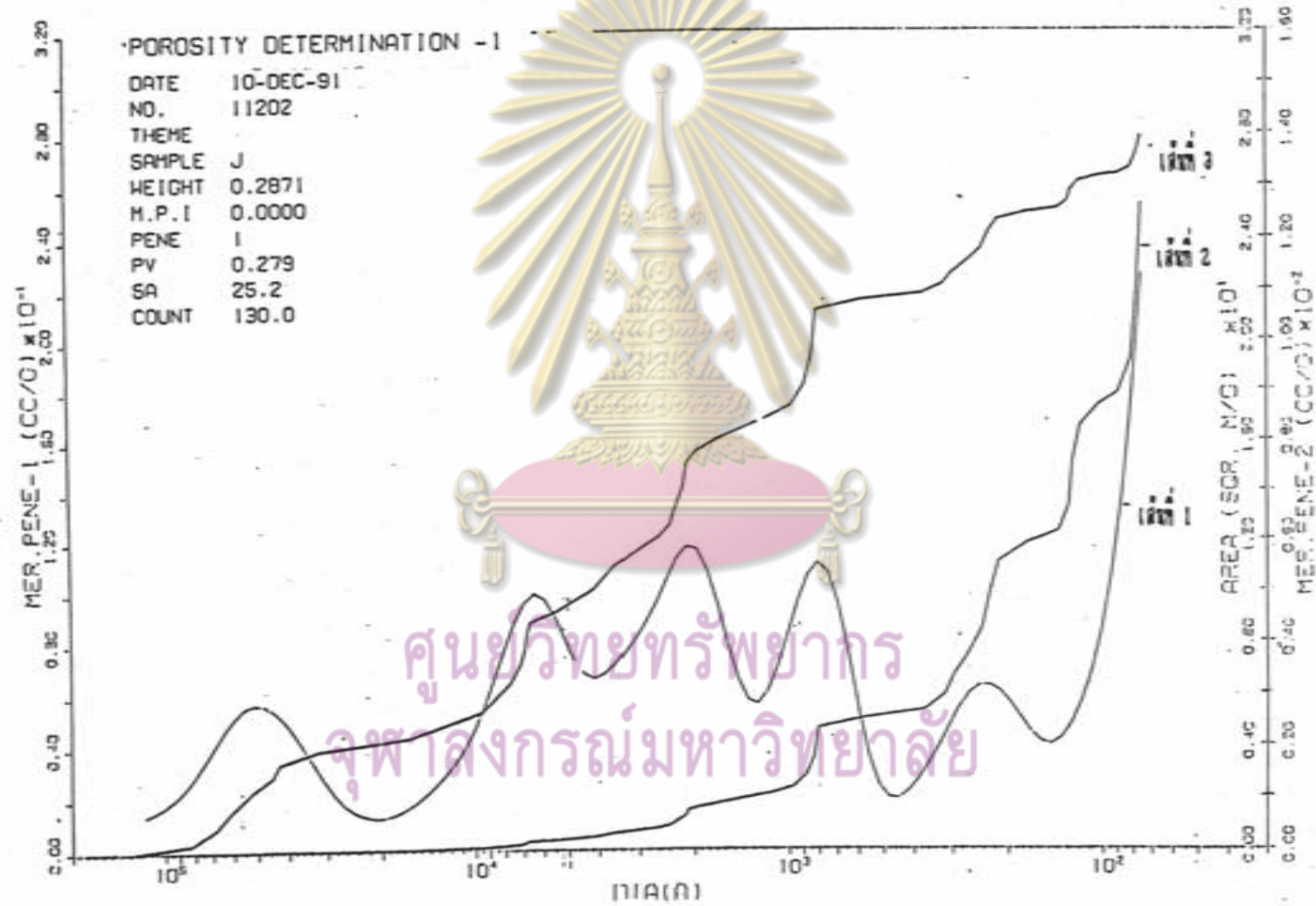
รูปที่ 6 ข้อมูลในการหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและค่าปริมาตร โหรงของบีดจากการทดลองที่ 20



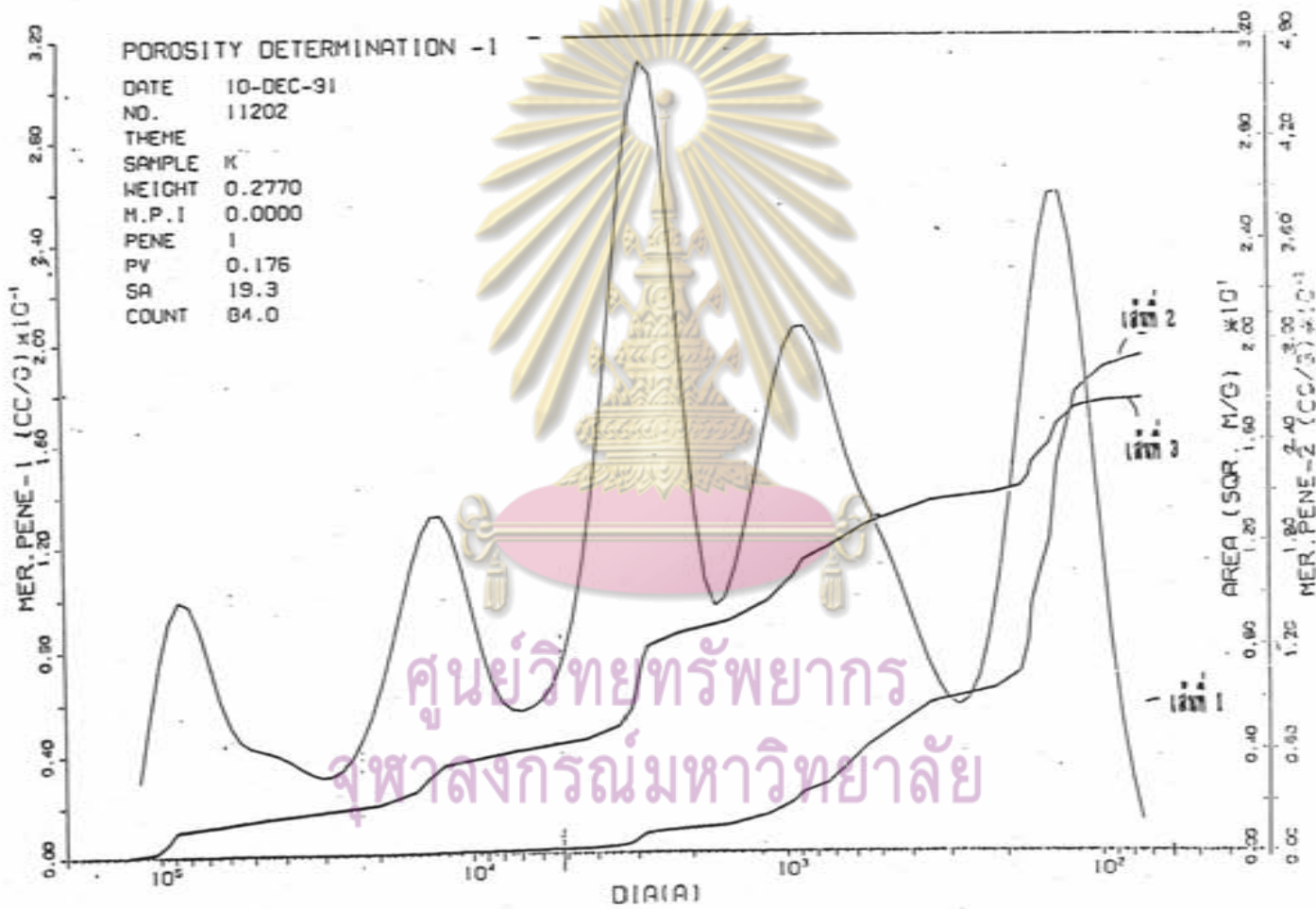
รูปที่ 7 ข้อมูลในการหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและค่าปริมาตรโพรงของบีดจากการทดลองที่ 21



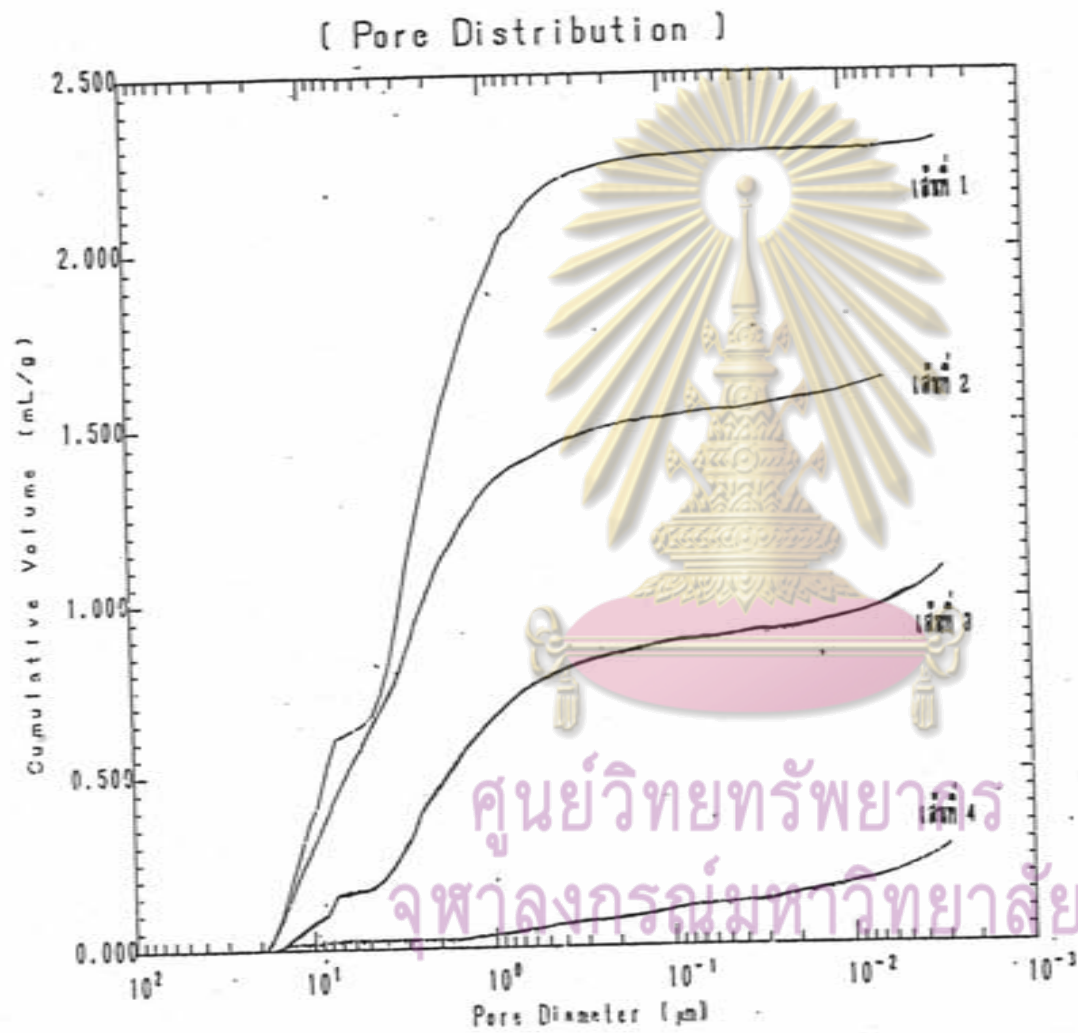
รูปที่ 8 ข้อมูลในการหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและค่าปริมาตรโพรงของบิตจากการทดลองที่ 23



รูปที่ 9 ข้อมูลในการหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและค่าปริมาตร โพรงของบิตจากผลการทดลองที่ 24



รูปที่ 10 ข้อมูลในการหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและค่าปริมาตร โพร่งของบีดจากการทดลองที่ 25



เส้นที่ 1 บิดจากการทดลองที่ 10

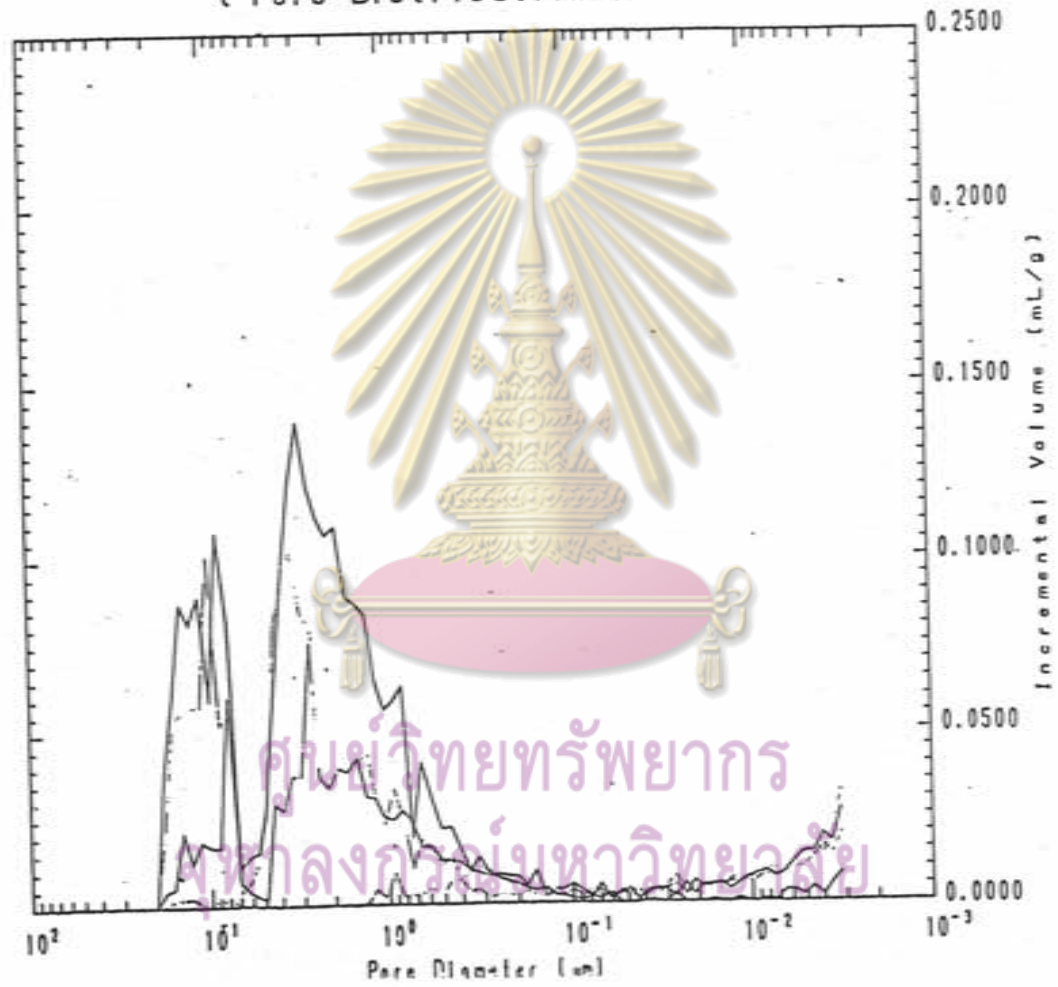
เส้นที่ 2 บิดจากการทดลองที่ 22

เส้นที่ 3 บิดจากการทดลองที่ 24

เส้นที่ 4 บิดจากการทดลองที่ 26

รูปที่ 11 ข้อมูลในการหาปริมาตรโพรง

(Pore Distribution)



รูปที่ 12 ข้อมูลการกระจายตัวของขนาดของโพร่ง

ประวัติผู้เขียน

นายธนรัตน์ ครูวรรณเจริญ เกิดเมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2511 ที่จังหวัด
ปราจีนบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์ สาขาเคมีวิศวกรรม ภาควิชาเคมีเทคนิค
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2532 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตร
ปริญญาโทของสหสาขา ปีโตรเคมี-โพลีเมอร์ สาขาเทคโนโลยีปีโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2533



ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย