

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- นวลแข ปาลีวนิช. 2526. ความรู้เรื่องผ้า. พิมพ์ครั้งที่ 2 ปรับปรุงเพิ่มเติม สำนักพิมพ์พินนี่ กรุงเทพฯ
พับลิชชิง.
- มันลิน ตัณฑุลเวศม์. 2538. วิศวกรรมการประปาเล่ม 2. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรม สิ่ง
แวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วงษ์นที ประยูรพรหม. 2539. ขนาดรูพรุนที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์เม็ดเล็กสำหรับการกำจัดสีจาก
น้ำเสียโรงงานย้อมผ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริมา ปัญญาเมธิกุล. 2538. ประสิทธิภาพในการกำจัดโคลิฟาจโดยกระบวนการกรองด้วยเมมเบรน.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- อัจฉราพร ไสละสุต. 2527. คู่มือการย้อมสี พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : เทคนิค 19 การพิมพ์.
- อัจฉราพร ไสละสุต. 2529. ความรู้เรื่องผ้า (An Introduction to Textile Technology) พิมพ์ครั้งที่ 7 จัด
จำหน่ายโดย บริษัท ศูนย์หนังสือกรุงเทพฯ หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาฯ.
- อำไพ ชนะไชย. 2536. การศึกษาการเกิด fouling ของเยื่อแผ่นสังเคราะห์ในกระบวนการอัลตรา
ฟิลเตรชันของน้ำเสาวรศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ภาษาอังกฤษ

- Chaing, B.H. and Cheryan, M. 1986. Ultrafiltration of skim milk in hollow fibers. J.Food Sci. 51,
340-344.
- Chen, S.L.1974. An evaluation of some physico-chemical process for treating textile wastewater.
Master's thesis , Asian Institute of Technology.
- Cheremisinoff , P. N. and Ellerbusch , F. 1978. Carbon adsorption handlook. Michigan : Ann
Arbor Science Publisher.
- Digiano, F.A., Natter, A.S. 1977. Disperse dye-carrier interactions on activated carbon. J.WPCF
49 :235-244.

- Fane, A.G.1987. An introduction to membrane processes. Proceedings of the fourth ASEAN workshop on membrane technology. 15-25. UKM, Bangi, Malaysia.
- Frye, W.H. and Digiano, F.A. 1974. Adsorptive behavior of dispersed and basic textile dyes on activated carbon, Proc-29th Annual Purdue Industrial Waste Conference.
- Ghosh, M.M., Woodard, F.E., Sproul, O.J., Knowlton, P.B., Guertin, P.D. 1978. Treatability studies and design considerations for textile wastewater. J.WPCF. 50 : 1976-1985.
- Green, J.H. and Kramer, A. 1979. Food Processing Waste Management. The AVI publishing company, Inc., USA.,170-191.
- Hussain, N. 1994. Cleaner Production in the Dyeing Industry. AIT thesis NO. EV. 94-13, AIT. Bangkok.
- Jiraratananon, R. and Chanachai, A. 1996. The study of fouling in the Ultrafiltration of passion fruit juice. J.Membrane Sci. 111, 39-48.
- Jiraratananon., R.1991. Membrane processes in biotechnology and downstream processing. Workshop in Membrane Technology for Industrial Applications. 29-31. AIT. Bangkok.
- Johnson, J.S. 1986. Materials for membranes. Chemical Engineering. 121-123.
- Joseph Rivlin.1992. The Dyeing of Textile Fibers: Theory and Practice, Department of Chemistry and Physical Science, Philadelphia College of Textiles and Science, Philadelphia, Pennsylvania.
- Kesting, R.E.1971. Synthetic Polymeric Membrane. McGraw-Hill.
- Kesting, R.E.1984. Phase inversion membranes. Material Science of Synthetic Membranes. Editor, Douglas, R.L. American Chemical Society. 131-164.
- Knocke W.R., Bhinge D. and Joyce J.J. 1994. Color Removal by chemical coagulation and Ultrafiltration. Proceedings of the Eighteenth Mid-Atlantic Industrial Waste Conference. Department of Civil engineering Virginia Tech Blacksburg , Virginia 24061.
- Kulkarni, S.S. 1992. Ultrafiltration, in Membrane Handbook Vol.1. Edited by Winston Ho, W.S. and Sirkar, K.K. Van Nostrand Reinhold, New York. 408-421.
- Kumar A. 1994. Why membrane : Market. Technical potential etc. Short course and workshop on standard methods for pressure driven membrane processes. Institute for Environmental Research and Technology. National Research Council of Canada. Ottawa.
- Lindua, J. and Johnson, A.S.1994. Cleaning of ultrafiltration membranes after treatment of oily wastewater. J.Membrane Sci. 87, 71-78.

- McGregor, W.C. 1986. Selection and use of ultrafiltration membranes. in Membrane Separations in Biotechnology Marcel Dekker, Inc. 3-13.
- Meireles, M. Aymar, P. and Sanchez, V. 1991. Effects of protein fouling on the apparent pore size distribution of sieving membrane. J.Membrane Sci. 56, 13-28.
- Nakao, S., Nomura, T., Kimura, s. and Watanabe, A. 1986. Formation and characteristics of inorganic dynamic membrane for ultrafiltration. J.Chem Eng. of Japan. 221-227.
- Nor, T. and Suki, A. 1987. Ultrafiltration fundamentals and theory. Proceedings of the Fourth ASEAN workshop on Membrane Technology. 15-25. Malaysia.
- Ousman, M. and Bennasar. 1995. Determination of various hydraulic resistances during cross-flow filtration of a starch grain suspension through inorganic membranes. J.Membrane Sci. 105, 1-21.
- Pawadee Tonguthai.1993. Technological Capability and Export Success of Thailand's Textile and Clothing Industries. A Report for United Nation Conference on Trade and Development.
- Porter, J.J., Snider, E.H. 1976. Long-term biodegradability of textile chemical. J.WPCF 48 : 2198-2210.
- Rautenbach, R., and Albrecht, R. 1989. Membrane process. Translated by V.Cottrell. Chichester : John Wiley & Sons Ltd.
- Robetaccio, F.L. 1973. Powdered activated carbon addition to biological reactors. Proc-6th Mid Atlantic Industrial Waste Conference.
- Robetaccio, F.L., et al. 1972. Treatment of organic chemical plant wastewater with the DuPont PACT process. Amer. Inst. Chem. Eng. National Meeting, Dallas, Symposium Series : Vol.65 , No.125.
- Romicon. 1983. Ultrafiltration handbook. Massachusetts : Romicon,Inc.
- Samer S. Adham, Vernon L. Snoeyink, Mark M. Clark, and Jean-Lue Bersillon. 1991. Predicting and Verifying Organics Removal by PAC in an Ultrafiltration System. J.AWWA 83 : 81-91.
- Slade, J.S. 1985. Viruses and drinking water. Jour.of the institution of water engineers and scientists 39 : 78-80.
- Specchia,V. and Gianetto,A. 1984. Powdered Activated carbon Addition on Heavy Metal Inhibition in Activated Sludged System. Thesis. No.EV. 87-27. ATI Thailand.

- Strathman, H. 1984. Water and wastewater treatment experience in Europe and Japan using ultrafiltration. In G.Belfort(ed.), Synthetic membrane process fundamentals and water application. pp.343-375 Orlando,Fla. : Academic Press.
- Urase, T., Yamamoto, K., and Ohgaki, S. 1991. Evaluation of virus removal in membrane seperation processes by using coliphage O β . Asian Waterqual'91, Proceeding 3rd IAWPRC Reginal Conference. 2 : 115-120.
- Vigneswaren, S., Vigneswaren, B., and Ben Aim, R. 1991. Application of microfiltration for water and wastewater treatment. Environmental Sanitation reviews 31 : 14-19.
- Vincent Urbain, Raymond Benoit and Jacques Manem. 1996. Membrane bioreactor a new treatment tool. J.AWWA. 88 : 75-86.
- Walter, F.W. 1972. Adsorption. Physico-chemical processes for water quality control. Michigan : John Wiley & Sons.
- William A. Rearick, Leonard T. Farias, H.B.G.(Guy) Goettsch. 1995. Water and salt reuse in the dyehouse. Textile Research and Implementation Report. Cotton Incorporated.

ภาคผนวก ก

ผลการหาทดลองหา Initial Flux

ตารางที่ ก-1 อัตราการกรองน้ำบริสุทธิ์ที่ความดันต่างๆ ณ อุณหภูมิห้อง

เก็บครั้งที่	Transmembrane Pressure (bar)	flow (ml/min)	เฉลี่ย (ml/min)	Permeate flux (l/m ² -h)
1	1.6	49		
2	1.6	48	49	22
3	1.6	50		
1	1.8	64		
2	1.8	63	64	28
3	1.8	64		
1	2	78		
2	2	78	78	35
3	2	78		
1	2.5	115		
2	2.5	115	114	51
3	2.5	111		
1	3	150		
2	3	145	148	66
3	3	148		
1	4	192		
2	4	198	196	88
3	4	199		

หมายเหตุ : แต่ละครั้งที่เก็บตัวอย่างเวลาห่างกัน 0.5 ชั่วโมง

flow = อัตราการกรองน้ำเพอมีเอท

μ = ความหนืดของน้ำ ที่ อุณหภูมิ 25 °C = 0.890×10^{-3} N*s/m²

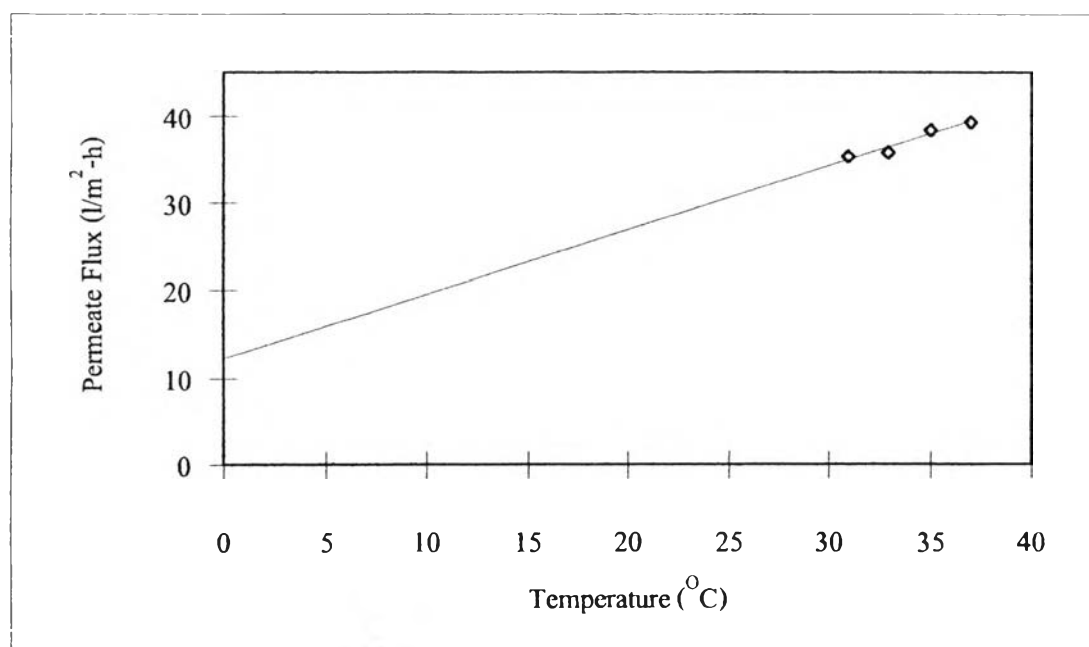
จากสมการเส้นตรงรูปที่ 4.1 $y = ax + b$, $R^2 = 0.9113$

โดยที่ $a = 20.244$, $b = 0$

คำนวณหาความต้านทานของเมมเบรนเริ่มต้น = 1.998×10^{13} m⁻¹

ตารางที่ ก-2 อัตราการกรองน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดันในการดำเนินการระบบ 2 บาร์

เก็บครั้งที่	Transmembrane Pressure (bar)	อุณหภูมิ (°C)	Flow (ml/min)	Permeate flux (l/m ² -h)
1	2	31	79	35
2	2	33	80	36
3	2	35	86	38
4	2	37	88	39



รูปที่ ก-1 อัตราการกรองน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดันในการดำเนินการระบบ 2 บาร์

ภาคผนวก ข

ผลการหา Permeate Flux ที่ความดันต่างๆ

สำหรับการบำบัดน้ำเสียสีข้อมด้วยกระบวนการเมมเบรนอัลตราฟิลเตรชัน

ตารางที่ ข-1 สีแสด โทนสีเหลือง ความเข้มข้นสี 46.0 มก./ล
 อุณหภูมิห้อง พื้นที่เมมเบรน 0.0336 m²

Transmembrane Pressure (bar)	เวลาที่เก็บ (นาที)	flow (ml/min)	permeate flux (l/m ² -h)
3.5	10	165.63	73.94
	20	165.39	73.83
	30	160.78	71.78
	40	158.57	70.79
	50	158.39	70.71
	60	158.11	70.58
	70	157.45	70.29
	80	157.17	70.16
	90	155.93	69.61
	100	155.34	69.35
	110	155.34	69.35
	120	155.34	69.35
3.0	130	136.30	60.85
	140	135.51	60.49
	150	134.52	60.05
	160	133.01	59.38
	170	133.00	59.38
	180	132.16	59.00
	190	131.71	58.80
	200	130.62	58.31
	210	130.25	58.15
	220	129.10	57.63
	230	128.93	57.56
	240	128.92	57.55
2.5	250	113.72	50.77
	260	112.85	50.38
	270	112.08	50.03
	280	112.12	50.05
	290	111.89	49.95
	300	111.25	49.66
	310	110.52	49.34
	320	110.83	49.48
	330	109.95	49.08
	340	109.58	48.92
	350	108.75	48.55
	360	108.79	48.57
2.0	370	88.81	39.65
	380	88.79	39.64
	390	87.83	39.21
	400	86.89	38.79
	410	88.17	39.36
	420	87.83	39.21
	430	87.35	39.00
	440	87.81	39.20
	450	87.81	39.20
	460	87.81	39.20
	470	87.35	39.00
	480	86.46	38.60

จากรูปที่ 4.2 $y = 19.492x$ $R^2 = 0.9955$

$$a = 19.492, \quad b = 0$$

คำนวณหาความต้านทานรวมของเมมเบรน = $2.075 \cdot 10^{13} \text{ m}^{-1}$

ตารางที่ ข-2 สีแสด โทนสีแดง ความเข้มข้นสี 46.0 มก./ล.

อุณหภูมิห้อง

พื้นที่เมมเบรน 0.0336 m²

Transmembrane Pressure (bar)	เวลาที่เก็บ (นาที)	flow (ml/min)	permeate flux (l/m ² -h)
3.5	10	165.58	73.92
	20	165.34	73.81
	30	160.73	71.76
	40	158.52	70.77
	50	158.34	70.69
	60	158.06	70.56
	70	157.41	70.27
	80	157.12	70.14
	90	155.88	69.59
	100	155.37	69.36
	110	155.30	69.33
	120	155.30	69.33
3.0	130	136.26	60.83
	140	135.46	60.47
	150	134.47	60.03
	160	132.96	59.36
	170	132.96	59.36
	180	132.12	58.98
	190	131.66	58.78
	200	130.57	58.29
	210	130.21	58.13
	220	129.06	57.61
	230	128.89	57.54
	240	128.88	57.53
2.5	250	113.68	50.75
	260	112.81	50.36
	270	112.03	50.01
	280	112.07	50.03
	290	111.84	49.93
	300	111.20	49.64
	310	110.48	49.32
	320	110.78	49.46
	330	109.90	49.06
	340	109.53	48.90
	350	108.70	48.53
	360	108.75	48.55
2.0	370	88.76	39.63
	380	88.74	39.62
	390	87.78	39.19
	400	86.85	38.77
	410	88.12	39.34
	420	87.78	39.19
	430	87.31	38.98
	440	87.77	39.18
	450	87.77	39.18
	460	87.77	39.18
	470	87.31	38.98
	480	86.41	38.58

จากรูปที่ 4.2 $y = 19.485x$ $R^2 = 0.9955$

$$a = 19.485, \quad b = 0$$

คำนวณหาความต้านทานรวมของเมมเบรน = $2.076 \times 10^{13} \text{ m}^{-1}$

ตารางที่ ข-3 สิวัด โทนน้ำเงิน ความเข้มข้นสี 46.0 มก./ล.

อุณหภูมิห้อง

พื้นที่เมมเบรน 0.0336 m^2

Transmembrane Pressure (bar)	เวลาที่เก็บ (นาที)	flow (ml/min)	permeate flux ($\text{l/m}^2\text{-h}$)
3.5	10	165.14	73.72
	20	164.90	73.62
	30	164.27	73.34
	40	160.88	71.82
	50	157.90	70.49
	60	157.62	70.37
	70	156.96	70.07
	80	156.68	69.95
	90	155.44	69.39
	100	154.92	69.16
	110	154.86	69.13
	120	154.85	69.13
3.0	130	135.81	60.63
	140	133.90	59.78
	150	134.03	59.83
	160	132.52	59.16
	170	132.51	59.16
	180	131.67	58.78
	190	131.22	58.58
	200	130.13	58.09
	210	130.88	58.43
	220	128.61	57.42
	230	128.44	57.34
	240	128.43	57.34
2.5	250	113.23	50.55
	260	112.98	50.44
	270	111.59	49.82
	280	111.63	49.83
	290	111.93	49.97
	300	110.76	49.45
	310	110.03	49.12
	320	110.34	49.26
	330	109.46	48.87
	340	109.09	48.70
	350	108.26	48.33
	360	108.30	48.35
2.0	370	88.32	39.43
	380	88.30	39.42
	390	87.34	38.99
	400	86.40	38.57
	410	86.56	38.64
	420	86.78	38.74
	430	86.86	38.78
	440	85.64	38.23
	450	85.21	38.04
	460	85.43	38.14
	470	85.43	38.14
	480	85.43	38.14

จากรูปที่ 4.2 $y = 19.401x \quad R^2 = 0.9948$

$a = 19.401$, $b = 0$

คำนวณหาความต้านทานรวมของเมมเบรน $= 2.085 \cdot 10^{13} \text{ m}^{-1}$

ตารางที่ ข-4 สีดิสเพอร์ส โทนสีเหลือง ความเข้มข้นสี 65.0 มก./ล.

อุณหภูมิห้อง

พื้นที่เมมเบรน 0.0336 m²

Transmembrane Pressure (bar)	เวลาที่เก็บ (นาที)	flow (ml/min)	permeate flux (l/m ² -h)
3.5	10	165.17	73.74
	20	163.83	73.14
	30	160.33	71.57
	40	158.68	70.84
	50	157.93	70.50
	60	158.22	70.63
	70	157.00	70.09
	80	156.71	69.96
	90	155.48	69.41
	100	154.30	68.88
	110	154.89	69.15
	120	154.89	69.15
3.0	130	135.85	60.65
	140	133.37	59.54
	150	134.06	59.85
	160	132.56	59.18
	170	131.99	58.92
	180	131.71	58.80
	190	131.26	58.60
	200	130.16	58.11
	210	129.80	57.95
	220	129.21	57.68
	230	128.48	57.36
	240	128.47	57.35
2.5	250	113.27	50.57
	260	113.61	50.72
	270	111.62	49.83
	280	111.66	49.85
	290	110.47	49.31
	300	110.79	49.46
	310	110.07	49.14
	320	110.37	49.27
	330	109.49	48.88
	340	109.12	48.72
	350	108.30	48.35
	360	108.34	48.37
2.0	370	88.35	39.44
	380	88.33	39.43
	390	87.37	39.01
	400	86.44	38.59
	410	86.60	38.66
	420	87.37	39.01
	430	86.90	38.79
	440	87.36	39.00
	450	86.80	38.75
	460	86.80	38.75
	470	86.34	38.54
	480	87.23	38.94

จากรูปที่ 4.3 $y = 19.457x$ $R^2 = 0.9955$

$a = 19.457$, $b = 0$

คำนวณหาความต้านทานรวมของเมมเบรน = $2.079 \times 10^{13} \text{ m}^{-1}$

ตารางที่ ข-5 สีดิสเพอร์ส โทนสีแดง ความเข้มข้นสี 65.0 มก./ล

อุณหภูมิห้อง

พื้นที่เมมเบรน 0.0336 m^2

Transmembrane Pressure (bar)	เวลาที่เก็บ (นาที)	flow (ml/min)	permeate flux ($\text{l/m}^2\text{-h}$)
3.5	10	163.51	73.00
	20	163.85	73.15
	30	163.71	73.08
	40	162.97	72.76
	50	160.19	71.51
	60	159.36	71.14
	70	155.89	69.60
	80	155.05	69.22
	90	153.82	68.67
	100	153.76	68.64
	110	153.79	68.66
	120	153.79	68.66
3.0	130	134.19	59.91
	140	131.71	58.80
	150	132.40	59.11
	160	130.90	58.44
	170	130.33	58.18
	180	130.05	58.06
	190	129.60	57.86
	200	128.50	57.37
	210	127.02	56.71
	220	124.75	55.69
	230	124.58	55.62
	240	123.75	55.25
2.5	250	111.61	49.83
	260	111.95	49.98
	270	109.96	49.09
	280	110.00	49.11
	290	108.81	48.57
	300	109.13	48.72
	310	108.41	48.40
	320	108.71	48.53
	330	107.83	48.14
	340	107.47	47.98
	350	106.64	47.61
	360	106.68	47.63
2.0	370	86.14	38.45
	380	86.11	38.44
	390	85.71	38.27
	400	84.78	37.85
	410	84.94	37.92
	420	85.71	38.27
	430	85.24	38.05
	440	85.14	38.01
	450	85.14	38.01
	460	84.57	37.75
	470	84.68	37.80
	480	84.66	37.79

จากรูปที่ 4.3 $y = 19.070x \quad R^2 = 0.9850$

$a = 19.070 \quad , \quad b = 0$

คำนวณหาความต้านทานรวมของเมมเบรน $= 2.121 \cdot 10^{13} \text{ m}^{-1}$

ตารางที่ ข-6 สีดิสเพอร์ส โทนสีน้ำเงิน ความเข้มข้นสี 65.0 มก./ล.

อุณหภูมิห้อง

พื้นที่เมมเบรน 0.0336 m^2

Transmembrane Pressure (bar)	เวลาที่เก็บ (นาที)	flow (ml/min)	permeate flux ($\text{l/m}^2 \cdot \text{h}$)
3.5	10	161.83	72.24
	20	161.60	72.14
	30	162.02	72.33
	40	159.85	71.36
	50	158.50	70.76
	60	157.67	70.39
	70	155.33	69.34
	80	153.37	68.47
	90	152.03	67.87
	100	152.08	67.89
	110	151.32	67.55
	120	151.32	67.55
3.0	130	132.50	59.15
	140	130.03	58.05
	150	130.72	58.36
	160	129.21	57.68
	170	128.65	57.43
	180	128.36	57.31
	190	127.91	57.10
	200	126.82	56.62
	210	123.66	55.20
	220	123.06	54.94
	230	122.89	54.86
	240	123.19	54.99
2.5	250	109.92	49.07
	260	110.27	49.23
	270	109.95	49.09
	280	108.32	48.36
	290	107.12	47.82
	300	107.45	47.97
	310	106.73	47.65
	320	106.47	47.53
	330	106.15	47.39
	340	105.78	47.22
	350	104.95	46.85
	360	105.00	46.87
2.0	370	84.45	37.70
	380	84.43	37.69
	390	84.03	37.51
	400	83.09	37.10
	410	83.25	37.17
	420	84.03	37.51
	430	83.55	37.30
	440	83.45	37.26
	450	83.21	37.15
	460	82.88	37.00
	470	82.99	37.05
	480	82.41	36.79

จากรูปที่ 4.3 $y = 18.798x$ $R^2 = 0.9887$

$a = 18.798$, $b = 0$

ตารางที่ ข-7 สีไดเร็กซ์ โทนสีเหลือง ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.

อุณหภูมิห้อง

พื้นที่เมมเบรน 0.0336 m²

Transmembrane Pressure (bar)	เวลาที่เก็บ (นาที)	flow (ml/min)	permeate flux (l/m ² -h)
3.5	10	154.21	68.85
	20	152.63	68.14
	30	153.29	68.43
	40	152.23	67.96
	50	150.89	67.36
	60	147.02	65.63
	70	147.72	65.95
	80	139.92	62.46
	90	139.92	62.46
	100	133.73	59.70
	110	133.70	59.69
	120	133.70	59.69
3.0	130	124.89	55.75
	140	122.42	54.65
	150	123.10	54.96
	160	121.60	54.28
	170	121.03	54.03
	180	120.75	53.91
	190	120.30	53.70
	200	119.21	53.22
	210	116.05	51.81
	220	115.45	51.54
	230	115.28	51.46
	240	115.57	51.60
2.5	250	102.31	45.67
	260	102.65	45.83
	270	100.10	44.69
	280	100.70	44.96
	290	99.51	44.42
	300	99.84	44.57
	310	99.11	44.25
	320	98.85	44.13
	330	98.54	43.99
	340	98.17	43.82
	350	97.34	43.45
	360	96.82	43.22
2.0	370	76.84	34.30
	380	76.81	34.29
	390	76.42	34.11
	400	75.48	33.70
	410	75.64	33.77
	420	75.86	33.86
	430	75.94	33.90
	440	75.84	33.86
	450	75.30	33.61
	460	75.27	33.60
	470	75.38	33.65
	480	74.24	33.14

จากรูปที่ 4.4 $y = 17.081x$ $R^2 = 0.9963$

$a = 17.081$, $b = 0$

ตารางที่ ข-8 สไลด์เรกท์ โทนสีแดง ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.

อุณหภูมิห้อง

พื้นที่เมมเบรน 0.0336 m^2

Transmembrane Pressure (bar)	เวลาที่เก็บ (นาที)	flow (ml/min)	permeate flux ($\text{l/m}^2\text{-h}$)
3.5	10	148.44	66.27
	20	148.21	66.17
	30	147.51	65.85
	40	146.46	65.38
	50	145.11	64.78
	60	144.28	64.41
	70	141.94	63.37
	80	141.10	62.99
	90	138.64	61.89
	100	125.24	55.91
	110	125.24	55.91
	120	125.24	55.91
3.0	130	119.11	53.18
	140	116.64	52.07
	150	117.33	52.38
	160	115.82	51.71
	170	115.26	51.45
	180	114.97	51.33
	190	114.52	51.13
	200	113.43	50.64
	210	110.27	49.23
	220	105.67	47.17
	230	105.50	47.10
	240	105.50	47.10
2.5	250	96.53	43.10
	260	96.88	43.25
	270	94.32	42.11
	280	94.93	42.38
	290	93.73	41.84
	300	94.06	41.99
	310	93.34	41.67
	320	93.08	41.55
	330	92.76	41.41
	340	92.39	41.25
	350	91.56	40.88
	360	91.05	40.65
2.0	370	71.06	31.72
	380	71.04	31.71
	390	70.64	31.54
	400	69.70	31.12
	410	69.86	31.19
	420	70.08	31.29
	430	70.16	31.32
	440	70.06	31.28
	450	69.52	31.04
	460	66.47	29.67
	470	66.47	29.67
	480	66.46	29.67

จากรูปที่ 4.4 $y = 15.811x$ $R^2 = 0.9847$

$a = 15.811$, $b = 0$

คำนวณหาความต้านทานรวมของเมมเบรน = $2.559 \times 10^{-13} \text{ m}^{-1}$

ตารางที่ ข-9 สไลด์เรกซ์ โทนสีน้ำเงิน ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.

อุณหภูมิห้อง

พื้นที่เมมเบรน 0.0336 m^2

Transmembrane Pressure (bar)	เวลาที่เก็บ (นาที)	flow (ml/min)	permeate flux ($\text{l/m}^2\text{-h}$)
3.5	10	152.04	67.75
	20	148.25	66.07
	30	151.11	67.34
	40	142.81	63.64
	50	140.82	62.75
	60	136.90	61.01
	70	134.87	60.10
	80	129.57	57.74
	90	128.74	57.37
	100	124.57	55.51
	110	124.57	55.51
	120	124.57	55.51
3.0	130	122.71	54.68
	140	120.24	53.58
	150	115.31	51.39
	160	119.42	53.22
	170	114.89	51.20
	180	113.57	50.61
	190	110.05	49.04
	200	105.00	46.79
	210	105.54	47.03
	220	103.81	46.26
	230	103.64	46.19
	240	103.81	46.26
2.5	250	100.13	44.62
	260	100.48	44.78
	270	97.92	43.64
	280	98.53	43.91
	290	97.33	43.37
	300	97.66	43.52
	310	96.94	43.20
	320	96.68	43.08
	330	96.36	42.94
	340	95.99	42.78
	350	95.16	42.41
	360	94.65	42.18
2.0	370	74.66	33.27
	380	74.64	33.26
	390	74.24	33.08
	400	73.30	32.67
	410	70.55	31.44
	420	67.94	30.28
	430	66.25	29.52
	440	61.21	27.28
	450	61.21	27.28
	460	61.21	27.28
	470	61.21	27.28
	480	61.52	27.42

จากรูปที่ 4.4 $y = 15.662x$ $R^2 = 0.9381$

$$a = 15.662, \quad b = 0$$

คำนวณหาความต้านทานรวมของเมมเบรน $= 2.583 \times 10^{-13} \text{ m}^{-1}$

ภาคผนวก ค

ผลของ %Removal

เมื่อเปลี่ยนแปลงความดันการกรองน้ำ

และเปลี่ยนแปลงพีเอชของน้ำเสียที่ย้อม

สำหรับการบำบัดน้ำเสียที่ย้อมด้วยกระบวนการเมมเบรนอัลตราฟิลเตรชัน

ตารางที่ ค-1 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสิ่งแวดล้อม โทนสีเหลือง ที่ความดันต่างๆ ณ สภาวะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 7

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	19.4 (72%)	6.18 (79%)	0.00 (100%)
3.0	7.70 (89%)	5.00 (83%)	0.00 (100%)
2.5	7.70 (89%)	3.96 (87%)	0.00 (100%)
2.0	7.70 (89%)	3.65 (88%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 69.90 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 29.38 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 65.70 Su

ตารางที่ ค-2 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสิ่งแวดล้อม โทนสีแดง ที่ความดันต่างๆ ณ สภาวะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 7

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	24.3 (67%)	6.68 (78%)	0.00 (100%)
3.0	17.4 (76%)	4.80 (84%)	0.00 (100%)
2.5	15.3 (79%)	4.46 (85%)	0.00 (100%)
2.0	10.4 (86%)	4.25 (86%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 73.50 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 30.63 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 80.70 Su

ตารางที่ ค-3 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสิ่งแวดล้อม โทนสีน้ำเงิน ที่ความดันต่างๆ ณ สภาวะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 7

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	14.8 (82%)	6.51 (82%)	0.00 (100%)
3.0	9.80 (88%)	6.33 (83%)	0.00 (100%)
2.5	4.00 (95%)	3.70 (90%)	0.00 (100%)
2.0	3.30 (96%)	3.45 (91%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 80.90 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 36.90 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 75.70 Su

ตารางที่ ค-4 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสปีดเพอร์ส โทนสีเหลือง ที่ความดันต่างๆ ณ สภาวะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 7

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	28.10 (72%)	7.68 (91%)	0.00 (100%)
3.0	21.70 (78%)	5.40 (94%)	0.00 (100%)
2.5	16.80 (83%)	4.46 (95%)	0.00 (100%)
2.0	13.30 (87%)	4.25 (95%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 99.04 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 85.39 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 57.38 Su

ตารางที่ ค-5 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสปีดเพอร์ส โทนสีแดง ที่ความดันต่างๆ ณ สภาวะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 7

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	26.80 (68%)	6.12 (93%)	0.00 (100%)
3.0	19.90 (76%)	5.68 (93%)	0.00 (100%)
2.5	6.60 (92%)	4.89 (94%)	0.00 (100%)
2.0	3.30 (96%)	4.08 (95%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 82.56 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 85.39 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 80.45 Su

ตารางที่ ค-6 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสปีดเพอร์ส โทนสีน้ำเงิน ที่ความดันต่างๆ ณ สภาวะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 7

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	20.60 (77%)	5.13 (94%)	0.00 (100%)
3.0	16.20 (82%)	5.89 (93%)	0.00 (100%)
2.5	13.10 (86%)	5.11 (94%)	0.00 (100%)
2.0	10.40 (89%)	3.58 (96%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 90.63 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 85.39 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 70.13 Su

ตารางที่ ค-7 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสไลโคเร็กซ์ โทนสีเหลือง ที่ความดันต่างๆ ณ สภาวะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 7

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	11.43 (81%)	11.80 (59%)	8.79 (93%)
3.0	9.05 (85%)	4.54 (84%)	7.06 (94%)
2.5	8.62 (85%)	4.15 (86%)	6.06 (95%)
2.0	7.15 (88%)	3.62 (87%)	4.43 (96%)

COD เริ่มต้น = 58.78 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 28.92 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 125.02 Su

ตารางที่ ค-8 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสไลโคเร็กซ์ โทนสีแดง ที่ความดันต่างๆ ณ สภาวะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 7

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	19.40 (57%)	8.89 (61%)	1.70 (99%)
3.0	11.60 (74%)	6.65 (71%)	1.39 (99%)
2.5	10.40 (77%)	6.34 (72%)	0.74(100%)
2.0	5.05 (89%)	4.48 (80%)	0.44 (100%)

COD เริ่มต้น = 45.26 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 22.96 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 198.66 Su

ตารางที่ ค-9 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสไลโคเร็กซ์ โทนสีน้ำเงิน ที่ความดันต่างๆ ณ สภาวะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 7

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	8.84 (83%)	5.27 (77%)	5.25 (99%)
3.0	8.84 (83%)	5.21 (78%)	2.41 (99%)
2.5	6.05 (89%)	4.07 (83%)	1.07 (100%)
2.0	6.05 (89%)	3.88 (83%)	0.36 (100%)

COD เริ่มต้น = 53.80 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 23.31 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 365.42 Su

ตารางที่ ค-10 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสืแวด โทนสีเหลือง ที่ความดันต่างๆ
ณ สภาวะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 9

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	39.72 (37%)	9.70 (67%)	0.00 (100%)
3.0	13.31 (79%)	8.44 (71%)	0.00 (100%)
2.5	9.93 (84%)	8.23 (72%)	0.00 (100%)
2.0	13.24 (79%)	6.46 (78%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 62.90 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 29.55 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 60.30 Su
พีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 7

ตารางที่ ค-11 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสืแวด โทนสีแดง ที่ความดันต่างๆ
ณ สภาวะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 9

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	12.62 (84%)	6.26 (79%)	0.00 (100%)
3.0	3.31 (96%)	6.23 (79%)	0.00 (100%)
2.5	3.31 (96%)	7.34 (75%)	0.00 (100%)
2.0	3.31 (96%)	6.44 (78%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 79.10 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 29.46 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 82.02 Su
พีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 7

ตารางที่ ค-12 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสืแวด โทนสีน้ำเงินที่ความดันต่างๆ
ณ สภาวะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 9

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	19.80 (74%)	5.01 (85%)	0.00 (100%)
3.0	16.53 (78%)	5.43 (83%)	0.00 (100%)
2.5	13.06 (83%)	5.96 (82%)	0.00 (100%)
2.0	16.33 (79%)	5.89 (82%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 80.90 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 36.90 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 75.70 Su
พีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 7

ตารางที่ ก-13 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสปีดเพอร์ส โทนสีเหลือง ที่ความดันต่างๆ
ณ สภาวะสมดุล ฟีเอชของน้ำเสียประมาณ 9

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	12.96 (84%)	34.00 (60%)	0.00 (100%)
3.0	12.96 (84%)	16.62 (81%)	0.00 (100%)
2.5	12.96 (84%)	10.05 (88%)	0.00 (100%)
2.0	12.96 (84%)	10.05 (88%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 83.48 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 85.39 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 59.01 Su
ฟีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 7

ตารางที่ ก-14 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสปีดเพอร์ส โทนสีแดง ที่ความดันต่างๆ
ณ สภาวะสมดุล ฟีเอชของน้ำเสียประมาณ 9

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	12.71 (85%)	23.87 (72%)	0.00 (100%)
3.0	13.36 (84%)	15.72 (82%)	0.00 (100%)
2.5	12.71 (85%)	13.36 (84%)	0.00 (100%)
2.0	10.71 (87%)	10.84 (87%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 83.92 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 85.39 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 77.80 Su
ฟีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 7

ตารางที่ ก-15 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสปีดเพอร์ส โทนสีน้ำเงิน ที่ความดันต่างๆ
ณ สภาวะสมดุล ฟีเอชของน้ำเสียประมาณ 9

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	20.14 (77%)	24.36 (71%)	0.00 (100%)
3.0	23.50 (73%)	18.26 (79%)	0.00 (100%)
2.5	23.50 (73%)	13.93 (84%)	0.00 (100%)
2.0	13.43 (85%)	11.65 (86%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 87.27 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 85.39 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 71.43 Su
ฟีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 7

ตารางที่ ค-16 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสไลโคเร็กซ์ โทนสีเหลือง ที่ความดันต่างๆ ณ สถานะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 9

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	13.06 (81%)	11.09 (67%)	12.89 (91%)
3.0	15.71 (77%)	10.54 (68%)	8.11 (94%)
2.5	13.06 (81%)	8.91 (73%)	7.85 (94%)
2.0	9.53 (86%)	7.77 (77%)	6.05 (96%)

COD เริ่มต้น = 68.57 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 33.24 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 141.60 Su
พีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 7

ตารางที่ ค-17 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสไลโคเร็กซ์ โทนสีแดง ที่ความดันต่างๆ ณ สถานะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 9

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	23.84 (52%)	8.09 (63%)	2.61 (99%)
3.0	18.84 (62%)	9.54 (56%)	1.03 (99%)
2.5	13.14 (73%)	8.87 (59%)	0.44 (100%)
2.0	8.40 (83%)	6.24 (71%)	0.25 (100%)

COD เริ่มต้น = 49.20 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 21.84 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 199.11 Su
พีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 7

ตารางที่ ค-18 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสไลโคเร็กซ์ โทนสีน้ำเงิน ที่ความดันต่างๆ ณ สถานะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 9

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	13.84 (74%)	6.08 (73%)	6.52 (98%)
3.0	8.80 (84%)	5.82 (75%)	0.00 (100%)
2.5	6.75 (87%)	4.92 (79%)	0.00 (100%)
2.0	6.38 (88%)	4.71 (79%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 53.76 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 22.87 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 384.95 Su
พีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 7

ตารางที่ ค-19 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสเวด โทนสีเหลือง ที่ความดันต่างๆ ณ สภาวะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 4

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	0.05 (100%)	13.00 (58%)	0.00 (100%)
2.0	0.05 (100%)	4.74 (85%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 69.22 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 30.94 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 66.04 Su
พีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 6

ตารางที่ ค-20 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสเวด โทนสีแดง ที่ความดันต่างๆ ณ สภาวะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 4

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	3.87 (96%)	10.07 (70%)	0.00 (100%)
2.0	3.87 (96%)	6.13 (82%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 70.81 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 33.77 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 85.02 Su
พีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 6

ตารางที่ ค-21 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสเวด โทนสีน้ำเงิน ที่ความดันต่างๆ ณ สภาวะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 4

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	3.87 (95%)	12.19 (67%)	0.00 (100%)
2.0	3.87 (95%)	6.07 (84%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 81.71 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 37.05 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 74.90 Su
พีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 5

ตารางที่ ค-22 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสปีดเพอร์ส โทนสีเหลือง ที่ความดันต่างๆ ณ สถานะสมดุล ฟีเอชของน้ำเสียประมาณ 4

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	19.05 (82%)	10.37 (88%)	0.00 (100%)
2.0	11.43 (89%)	8.15 (90%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 106.67 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 85.39 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 61.21 Su
 ฟีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 5

ตารางที่ ค-23 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสปีดเพอร์ส โทนสีแดง ที่ความดันต่างๆ ณ สถานะสมดุล ฟีเอชของน้ำเสียประมาณ 4

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	11.43 (87%)	8.28 (90%)	0.00 (100%)
2.0	11.43(87%)	9.65 (89%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 87.62 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 85.39 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 83.99 Su
 ฟีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 5

ตารางที่ ค-24 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสปีดเพอร์ส โทนสีน้ำเงินที่ความดันต่างๆ ณ สถานะสมดุล ฟีเอชของน้ำเสียประมาณ 4

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	19.20 (79%)	8.40 (90%)	0.00 (100%)
2.0	11.52 (88%)	5.81 (93%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 92.16 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 85.39 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 71.38 Su
 ฟีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 5

ตารางที่ ค-25 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสปีดเร็กซ์ โทนสีเหลือง ที่ความดันต่างๆ
ณ สภาวะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 4

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	13.84 (76%)	6.16 (79%)	7.11 (94%)
2.0	7.38 (87%)	5.01 (83%)	3.82 (97%)

COD เริ่มต้น = 57.60 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 29.07 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 118.69 Su
พีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 4

ตารางที่ ค-26 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสปีดเร็กซ์ โทนสีแดง ที่ความดันต่างๆ
ณ สภาวะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 4

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	10.05 (78%)	5.27 (76%)	1.05 (99%)
2.0	6.17 (86%)	2.52 (88%)	1.02 (99%)

COD เริ่มต้น = 45.36 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 21.54 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 189.16 Su
พีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 4

ตารางที่ ค-27 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสปีดเร็กซ์ โทนสีน้ำเงิน ที่ความดันต่างๆ
ณ สภาวะสมดุล พีเอชของน้ำเสียประมาณ 4

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	5.84 (86%)	3.31 (85%)	6.29 (98%)
2.0	4.88 (88%)	2.75 (88%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 42.24 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 22.72 มก./ล. ความเข้มสีเริ่มต้น = 354.62 Su
พีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 4

ภาคผนวก ง
ผลการทดสอบ Isotherm Test

ตารางที่ ง-1 สีไดเร็กซ์ โทนสีเหลือง ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.
 COD เริ่มต้น 107 มก./ล. ผงถ่านกัมมันต์ชนิด HRO CH M325-60

เวลาสัมผัส (ชม.)	COD ที่เหลือจากการถูกดูดติดด้วยความเข้มข้น PAC ต่างๆ (มก./ล.)				
	0	1500	3000	5000	10000
0.5	107	103	58.6	51.2	29.0
1.0	105	66.0	51.2	44.0	29.4
2.0	106	58.6	57.5	51.2	41.0
3.0	107	52.0	44.0	38.2	29.4
6.0	107	58.8	43.0	44.0	26.2
10	107	54.0	41.2	35.6	30.8

ตารางที่ ง-2 สีไดเร็กซ์ โทนสีเหลือง ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.
 ความเข้มข้นเริ่มต้น 145 Su. ผงถ่านกัมมันต์ชนิด HRO CH M325-60

เวลาสัมผัส (ชม.)	สีที่เหลือจากการถูกดูดติดด้วยความเข้มข้น PAC ต่างๆ (Su.)				
	0	1500	3000	5000	10000
0.5	145	71.0	26.3	10.1	4.03
1.0	145	51.7	11.0	2.41	1.00
2.0	145	45.8	8.43	2.96	1.00
3.0	145	42.6	8.49	2.35	1.00
6.0	145	26.7	7.45	3.50	1.00
10	145	31.2	10.8	2.93	1.00



ตารางที่ ง-5 สีไดเรกต์ โทนสีเหลือง ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.
ความเข้มสีเริ่มต้น 145 Su. ผงถ่านกัมมันต์ชนิด HRO HM325-60

เวลาสัมผัส (ชม.)	สีที่เหลือจากการถูกดูดซับด้วยความเข้มข้น PAC ต่างๆ (Su.)				
	0	1500	3000	5000	10000
0.5	148	83.0	40.2	12.5	9.57
1.0	144	96.5	29.2	14.5	9.58
2.0	146	80.8	30.7	8.98	3.65
3.0	142	73.4	22.4	9.47	8.28
6.0	145	78.2	24.7	9.65	8.66
10	141	74.9	20.1	8.99	8.20

ตารางที่ ง-6 สีไดเรกต์ โทนสีเหลือง ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.
pH เริ่มต้น 7.66 ผงถ่านกัมมันต์ชนิด HRO HM325-60

เวลาสัมผัส (ชม.)	pH ที่เหลือจากการถูกดูดซับด้วยความเข้มข้น PAC ต่างๆ				
	0	1500	3000	5000	10000
0.5	8.10	9.60	9.77	9.92	10.1
1.0	8.15	9.62	9.83	9.97	10.1
2.0	7.59	9.35	9.61	9.80	10.0
3.0	7.04	9.42	9.65	9.81	9.97
6.0	7.92	9.39	9.64	9.80	10.0
10	7.42	9.44	9.70	9.88	10.1

ตารางที่ ง-7 สีไคเร็กซ์ โทนสีเหลือง ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.
 COD เริ่มต้น 107 มก./ล. ผงถ่านกัมมันต์ชนิด HRO M200-60

เวลาสัมผัส (ชม.)	COD ที่เหลือจากการถูกดูดซับด้วยความเข้มข้น PAC ต่างๆ (มก./ล.)				
	0	1500	3000	5000	10000
0.5	107	95.0	82.7	71.2	59.0
1.0	105	95.0	74.8	65.0	59.0
2.0	106	95.0	74.2	68.7	59.0
3.0	107	90.5	70.8	59.0	59.0
6.0	107	95.0	70.2	60.8	51.2
10	107	90.8	70.1	59.0	59.0

ตารางที่ ง-8 สีไคเร็กซ์ โทนสีเหลือง ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.
 ความเข้มข้นเริ่มต้น 142 Su. ผงถ่านกัมมันต์ชนิด HRO M200-60

เวลาสัมผัส (ชม.)	สีที่เหลือจากการถูกดูดซับด้วยความเข้มข้น PAC ต่างๆ (Su)				
	0	1500	3000	5000	10000
0.5	141	48.9	29.1	12.5	0.86
1.0	149	46.8	25.3	12.2	0.85
2.0	149	47.3	24.7	13.1	0.76
3.0	140	40.6	27.7	9.47	1.00
6.0	140	29.9	22.1	7.87	0.37
10	142	38.5	20.6	11.6	0.62

ตารางที่ ง-9

สีโดเร็กซ์ โทนสีเหลือง

ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.

pH เริ่มต้น 7.70

ผงถ่านกัมมันต์ชนิด HRO M200-60

เวลาสัมผัส (ชม.)	pH ที่เหลือจากการถูกดูดติดด้วยความเข้มข้น PAC ต่างๆ				
	0	1500	3000	5000	10000
0.5	7.80	9.65	9.86	10.0	10.1
1.0	7.96	9.72	9.93	10.1	10.2
2.0	7.56	9.71	9.93	10.1	10.2
3.0	7.87	9.70	9.93	10.1	10.2
6.0	7.79	9.67	9.90	10.1	10.3
10	7.72	9.60	9.85	10.0	10.2

ภาคผนวก จ

ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมของการดูดซับสีไดเร็กซ์
โทนสีเหลือง โทนสีแดง และโทนสีน้ำเงิน
ด้วยผงถ่านกัมมันต์ชนิด HRO CH M325-60

ตารางที่ จ-1 สีไครเร็กซ์ โทนสีเหลือง ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.
 COD เริ่มต้น 107 มก./ล. ผงถ่านกัมมันต์ชนิด HRO CH M325-60

เวลาสัมผัส (ชม.)	COD ที่เหลือจากการถูกดูดซับด้วยความเข้มข้น PAC ต่างๆ (มก./ล.)				
	0	1500	3000	5000	10000
0.5	107	103	58.6	51.2	29.0
1.0	105	66.0	51.2	44.0	29.4
2.0	106	58.6	57.5	51.2	41.0
3.0	107	52.0	44.0	38.2	29.4
6.0	107	58.8	43.0	44.0	26.2
10	107	54.0	41.2	35.6	30.8

ตารางที่ จ-2 สีไครเร็กซ์ โทนสีเหลือง ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.
 ความเข้มข้นเริ่มต้น 145 Su. ผงถ่านกัมมันต์ชนิด HRO CH M325-60

เวลาสัมผัส (ชม.)	สีที่เหลือจากการถูกดูดซับด้วยความเข้มข้น PAC ต่างๆ (Su.)				
	0	1500	3000	5000	10000
0.5	145	71.0	26.3	10.1	4.03
1.0	145	51.7	11.0	2.41	1.00
2.0	145	45.8	8.43	2.96	1.00
3.0	145	42.6	8.49	2.35	1.00
6.0	145	26.7	7.45	3.50	1.00
10	145	31.2	10.8	2.93	1.00

ตารางที่ จ-3

สีโดเร็กซ์ โทนสีเหลือง

ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.

pH เริ่มต้น 7.29

ผงถ่านกัมมันต์ชนิด HRO CH M325-60

เวลาสัมผัส (ชม.)	pH ที่เหลือจากการถูกดูดซับด้วยความเข้มข้น PAC ต่างๆ				
	0	1500	3000	5000	10000
0.5	7.29	10.0	10.3	10.5	10.6
1.0	7.27	10.1	10.3	10.5	10.6
2.0	7.65	10.1	10.4	10.5	10.6
3.0	6.86	10.1	10.3	10.5	10.6
6.0	7.25	10.0	10.3	10.5	10.7
10	7.24	9.95	10.3	10.5	10.7

ตารางที่ จ-4

สีโดเร็กซ์ โทนสีแดง

ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.

COD เริ่มต้น 48.9 มก./ล.

ผงถ่านกัมมันต์ชนิด HRO CH M325-60

เวลาสัมผัส (ชม.)	COD ที่เหลือจากการถูกดูดซับด้วยความเข้มข้น PAC ต่างๆ (มก./ล.)				
	0	1500	3000	5000	10000
0.5	48.9	37.6	30.1	28.3	26.3
1.0	48.9	32.6	30.1	25.6	22.6
2.0	48.9	30.1	26.3	19.8	18.8
3.0	48.9	33.8	26.3	22.6	16.6
6.0	48.9	30.1	22.6	22.6	15.6
10	48.9	30.1	23.6	22.6	15.6

ตารางที่ จ-7 สีไดเร็กซ์ โทนสีน้ำเงิน ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.
COD เริ่มต้น 63.8 มก./ล. **ผงถ่านกัมมันต์ชนิด HRO CH M325-60**

เวลาสัมผัส (ชม.)	COD ที่เหลือจากการถูกดูดติดด้วยความเข้มข้น PAC ต่างๆ (มก./ล.)				
	0	1500	3000	5000	10000
0.5	63.8	53.8	49.9	38.4	34.6
1.0	63.8	53.8	38.4	36.2	15.4
2.0	63.8	46.1	42.2	33.0	19.2
3.0	63.8	48.4	35.7	35.4	15.7
6.0	63.8	49.9	38.4	34.6	13.7
10	63.8	46.1	38.4	30.7	19.2

ตารางที่ จ-8 สีไดเร็กซ์ โทนสีน้ำเงิน ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.
ความเข้มข้นสีเริ่มต้น 363 Su. **ผงถ่านกัมมันต์ชนิด HRO CH M325-60**

เวลาสัมผัส (ชม.)	สีที่เหลือจากการถูกดูดติดด้วยความเข้มข้น PAC ต่างๆ (Su.)				
	0	1500	3000	5000	10000
0.5	363	255	157	98.9	3.06
1.0	363	265	165	70.2	0.97
2.0	363	248	156	69.4	0.79
3.0	363	212	199	41.6	0.38
6.0	363	211	88.5	18.5	0.52
10	363	284	145	27.4	2.21

ตารางที่ ๑-9

สีโคเร็กซ์ โทนสีน้ำเงิน

ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.

pH เริ่มต้น 8.01

ผงถ่านกัมมันต์ชนิด HRO CH M325-60

เวลาสัมผัส (ชม.)	pH ที่เหลือจากการถูกดูดซับด้วยความเข้มข้น PAC ต่างๆ				
	0	1500	3000	5000	10000
0.5	8.25	9.62	9.80	9.90	9.96
1.0	8.52	9.71	9.90	10.1	10.2
2.0	8.33	9.66	9.89	10.0	10.2
3.0	8.50	9.70	9.92	10.1	10.3
6.0	8.14	9.57	9.80	9.97	10.1
10	8.35	9.61	9.85	10.0	10.1

ภาคผนวก ฉ

ผลการหา Permeate Flux ที่ความดันต่างๆ
สำหรับการบำบัดน้ำเสียสีย้อมด้วยกระบวนการอัลตราฟิลเตรชัน
ร่วมกับการดูดซับผิวด้วยผงถ่านกัมมันต์

ตารางที่ ๘-1 สีไดเรกต์ โทนสีเหลือง ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.
ความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์ HRO CH M325-60 1500 มก./ล.

Transmembrane Pressure (bar)	เวลาที่เก็บ (นาที)	flow (ml/min)	permeate flux (l/m ² -h)
3.5	10	144.17	64.36
	20	143.94	64.26
	30	143.24	63.95
	40	142.19	63.48
	50	140.84	62.88
	60	140.01	62.50
	70	137.67	61.46
	80	136.83	61.08
	90	134.37	59.99
	100	133.30	59.51
	110	133.66	59.67
	120	133.66	59.67
3.0	130	115.56	51.59
	140	113.08	50.48
	150	113.77	50.79
	160	112.26	50.12
	170	111.70	49.87
	180	111.42	49.74
	190	110.97	49.54
	200	109.87	49.05
	210	106.71	47.64
	220	106.12	47.37
	230	105.95	47.30
	240	106.24	47.43
2.5	250	83.24	37.16
	260	83.59	37.31
	270	81.03	36.17
	280	81.64	36.44
	290	80.44	35.91
	300	80.77	36.06
	310	80.04	35.73
	320	79.78	35.62
	330	79.47	35.48
	340	79.10	35.31
	350	78.27	34.94
	360	77.76	34.71
2.0	370	56.76	25.34
	380	56.74	25.33
	390	56.34	25.15
	400	55.41	24.74
	410	55.57	24.81
	420	55.79	24.90
	430	55.87	24.94
	440	55.77	24.90
	450	55.23	24.65
	460	55.20	24.64
	470	55.31	24.69
	480	54.17	24.18

จากรูปที่ 4.34 $y = 15.437x$ $R^2 = 0.8693$

$$a = 15.437, \quad b = 0$$

คำนวณหาความต้านทานรวมของเมมเบรน = $2.620 \times 10^{-13} \text{ m}^{-1}$

ตารางที่ ๑-2 สีไดเรกท์ โทนสีแดง ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.

ความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์ HRO CH M325-60 1500 มก./ล.

Transmembrane Pressure (bar)	เวลาที่เก็บ (นาที)	flow (ml/min)	permeate flux (l/m ² -h)
3.5	10	141.70	63.26
	20	141.47	63.16
	30	140.77	62.84
	40	139.71	62.37
	50	138.37	61.77
	60	137.54	61.40
	70	135.20	60.36
	80	134.36	59.98
	90	131.90	58.88
	100	130.83	58.40
	110	131.19	58.57
	120	131.19	58.57
3.0	130	113.09	50.49
	140	110.61	49.38
	150	111.30	49.69
	160	109.79	49.02
	170	109.23	48.76
	180	108.95	48.64
	190	108.50	48.44
	200	107.40	47.95
	210	104.24	46.54
	220	103.65	46.27
	230	103.48	46.20
	240	103.77	46.33
2.5	250	80.77	36.06
	260	81.12	36.21
	270	78.56	35.07
	280	79.16	35.34
	290	77.97	34.81
	300	78.30	34.95
	310	77.57	34.63
	320	77.31	34.52
	330	77.00	34.37
	340	76.63	34.21
	350	75.80	33.84
	360	75.29	33.61
2.0	370	54.29	24.24
	380	54.27	24.23
	390	53.87	24.05
	400	52.94	23.63
	410	53.10	23.70
	420	53.31	23.80
	430	53.40	23.84
	440	53.30	23.79
	450	52.75	23.55
	460	52.73	23.54
	470	52.84	23.59
	480	51.70	23.08

จากรูปที่ 4.34 $y = 15.053x$ $R^2 = 0.8573$

$$a = 15.053, \quad b = 0$$

คำนวณหาความต้านทานรวมของเมมเบรน = $2.687 \cdot 10^{-13} \text{ m}^{-1}$

ตารางที่ ฉ-3 ซีโอดีเร็กท์ โทนสีน้ำเงิน ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.

ความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์ HRO CH M325-60 1500 มก./ล.

Transmembrane Pressure (bar)	เวลาที่เก็บ (นาที)	flow (ml/min)	permeate flux (l/m ² -h)
3.5	10	138.11	61.66
	20	137.89	61.56
	30	137.18	61.24
	40	136.13	60.77
	50	134.79	60.17
	60	133.95	59.80
	70	131.61	58.76
	80	130.77	58.38
	90	128.31	57.28
	100	127.24	56.80
	110	127.60	56.96
	120	127.60	56.96
3.0	130	109.50	48.88
	140	107.03	47.78
	150	107.71	48.09
	160	106.21	47.41
	170	105.64	47.16
	180	105.36	47.04
	190	104.91	46.83
	200	103.82	46.35
	210	100.65	44.94
	220	100.06	44.67
	230	99.89	44.59
	240	100.18	44.73
2.5	250	77.18	34.46
	260	77.53	34.61
	270	74.97	33.47
	280	75.58	33.74
	290	74.38	33.21
	300	74.71	33.35
	310	73.99	33.03
	320	73.73	32.91
	330	73.41	32.77
	340	73.04	32.61
	350	72.21	32.24
	360	71.70	32.01
2.0	370	50.71	22.64
	380	50.68	22.63
	390	50.29	22.45
	400	49.35	22.03
	410	49.51	22.10
	420	49.73	22.20
	430	49.81	22.24
	440	49.71	22.19
	450	49.17	21.95
	460	49.14	21.94
	470	49.25	21.99
	480	48.11	21.48

จากรูปที่ 4.34 $y = 15.015x$ $R^2 = 0.7922$

$$a = 15.015, \quad b = 0$$

คำนวณหาความต้านทานรวมของเมมเบรน = $2.694 \times 10^{-13} \text{ m}^{-1}$

ตารางที่ ๓-4 สปีดเร็กซ์ โทนสีเหลือง ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล
ความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์ HRO CH M325-60 3000 มก./ล.

Transmembrane Pressure (bar)	เวลาที่เก็บ (นาที)	flow (ml/min)	permeate flux (l/m ² -h)
3.5	10	150.76	67.30
	20	147.47	65.83
	30	143.08	63.88
	40	140.91	62.91
	50	135.84	60.64
	60	131.57	58.74
	70	127.99	57.14
	80	124.16	55.43
	90	119.42	53.31
	100	115.87	51.73
	110	115.34	51.49
	120	115.42	51.53
3.0	130	111.12	49.61
	140	110.81	49.47
	150	108.64	48.50
	160	108.31	48.35
	170	106.71	47.64
	180	105.62	47.15
	190	106.01	47.33
	200	104.97	46.86
	210	103.74	46.31
	220	102.98	45.97
	230	102.85	45.92
	240	102.42	45.72
2.5	250	88.51	39.51
	260	84.37	37.67
	270	82.33	36.75
	280	80.00	35.71
	290	75.34	33.63
	300	75.18	33.56
	310	74.06	33.06
	320	73.77	32.93
	330	72.04	32.16
	340	72.63	32.42
	350	72.74	32.47
	360	72.41	32.33
2.0	370	63.17	28.20
	380	60.41	26.97
	390	57.22	25.54
	400	58.01	25.90
	410	57.31	25.58
	420	56.59	25.26
	430	54.83	24.48
	440	53.37	23.83
	450	52.86	23.60
	460	52.85	23.59
	470	52.83	23.58
	480	52.66	23.51

จากรูปที่ 4.35 $y = 14.138x \quad R^2 = 0.9031$

$$a = 14.138, \quad b = 0$$

คำนวณหาความต้านทานรวมของเมมเบรน = $2.861 \times 10^{-13} \text{ m}^{-1}$

ตารางที่ ๓-5 สปีดเร็กซ์ โทนสีแดง ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.

ความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์ HRO CH M325-60 3000 มก./ล.

Transmembrane Pressure (bar)	เวลาที่เก็บ (นาที)	flow (ml/min)	permeate flux (l/m ² -h)
3.5	10	151.03	67.42
	20	147.89	66.02
	30	143.08	63.88
	40	134.35	59.98
	50	129.99	58.03
	60	126.53	56.49
	70	123.65	55.20
	80	120.64	53.86
	90	117.77	52.58
	100	114.56	51.14
	110	114.71	51.21
	120	114.24	51.00
3.0	130	109.83	49.03
	140	109.65	48.95
	150	109.72	48.98
	160	108.22	48.31
	170	107.84	48.14
	180	107.06	47.79
	190	106.71	47.64
	200	104.91	46.83
	210	103.65	46.27
	220	103.06	46.01
	230	103.89	46.38
	240	103.70	46.29
2.5	250	85.47	38.16
	260	84.60	37.77
	270	82.33	36.75
	280	82.53	36.84
	290	79.25	35.38
	300	78.46	35.03
	310	77.04	34.39
	320	76.93	34.34
	330	76.49	34.15
	340	76.27	34.05
	350	76.55	34.17
	360	76.24	34.04
2.0	370	63.20	28.21
	380	60.81	27.15
	390	58.36	26.05
	400	58.08	25.93
	410	56.37	25.17
	420	55.04	24.57
	430	54.28	24.23
	440	51.92	23.18
	450	51.87	23.16
	460	51.24	22.88
	470	51.85	23.15
	480	51.84	23.14

จากรูปที่ 4.35 $y = 14.246x$ $R^2 = 0.9047$

$$a = 14.246, \quad b = 0$$

คำนวณหาความต้านทานรวมของเมมเบรน = $2.839 \times 10^{-13} \text{ m}^{-1}$

ตารางที่ ๘-6 ซีดีเร็กซ์ โทนสีน้ำเงิน ความเข้มข้นสี 88.2 มก./ล.
ความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์ HRO CH M325-60 3000 มก./ล.

Transmembrane Pressure (bar)	เวลาที่เก็บ (นาที)	flow (ml/min)	permeate flux (l/m ² -h)
3.5	10	147.82	65.99
	20	140.32	62.64
	30	136.84	61.09
	40	129.84	57.96
	50	125.74	56.13
	60	122.00	54.46
	70	119.67	53.42
	80	118.55	52.92
	90	115.37	51.50
	100	115.29	51.47
	110	115.81	51.70
	120	115.02	51.35
3.0	130	107.38	47.94
	140	106.87	47.71
	150	106.94	47.74
	160	105.82	47.24
	170	103.64	46.27
	180	102.52	45.77
	190	99.84	44.57
	200	97.25	43.42
	210	96.67	43.16
	220	96.36	43.02
	230	96.54	43.10
	240	96.54	43.10
2.5	250	92.47	41.28
	260	91.24	40.73
	270	90.34	40.33
	280	88.17	39.36
	290	87.09	38.88
	300	85.02	37.96
	310	84.80	37.86
	320	83.54	37.29
	330	81.34	36.31
	340	81.25	36.27
	350	81.87	36.55
	360	81.84	36.54
2.0	370	75.81	33.84
	380	72.34	32.29
	390	71.52	31.93
	400	70.07	31.28
	410	69.43	31.00
	420	68.21	30.45
	430	67.30	30.04
	440	66.28	29.59
	450	65.68	29.32
	460	65.45	29.22
	470	65.37	29.18
	480	65.27	29.14

จากรูปที่ 4.35 $y = 14.560x$ $R^2 = 0.9981$

$$a = 14.560, \quad b = 0$$

คำนวณหาความต้านทานรวมของเมมเบรน = $2.778 \times 10^{-13} \text{ m}^{-1}$

ภาคผนวก ข

ผลของ %Removal

เมื่อเปลี่ยนแปลงความดันการกรองน้ำ

และเมื่อเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์

สำหรับการบำบัดน้ำเสียสีข้อมไคเร็กซ์โดยกระบวนการอัลตราฟิลเตรชัน

ร่วมกับการดูดซับด้วยผงถ่านกัมมันต์

ตารางที่ ข-1 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย สีไครเร็กซ์ โทนสีเหลือง ที่ความดันต่างๆ

ณ สภาวะสมดุล ความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์HRO CH M325-60 1500 มก./ล.

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	0.05 (100%)	4.47 (85%)	0.00 (100%)
3.0	0.05 (100%)	5.23 (83%)	0.00 (100%)
2.5	0.05 (100%)	3.34 (89%)	0.00 (100%)
2.0	0.05 (100%)	2.04 (93%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 65.67 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 29.92 มก./ล. ความเข้มข้นเริ่มต้น = 145.02 Su

พีเอชของน้ำเสียประมาณ 9 พีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 8

ตารางที่ ข-2 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย สีไครเร็กซ์ โทนสีแดง ที่ความดันต่างๆ

ณ สภาวะสมดุล ความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์HRO CH M325-60 1500 มก./ล.

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	0.05 (100%)	2.18 (91%)	0.00 (100%)
3.0	0.05 (100%)	1.78 (92%)	0.00 (100%)
2.5	0.05 (100%)	1.27 (94%)	0.00 (100%)
2.0	0.05 (100%)	1.02 (96%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 45.26 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 22.96 มก./ล. ความเข้มข้นเริ่มต้น = 198.66 Su

พีเอชของน้ำเสียประมาณ 9 พีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 8

ตารางที่ ข-3 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย สีไครเร็กซ์ โทนสีน้ำเงิน ที่ความดันต่างๆ

ณ สภาวะสมดุล ความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์HRO CH M325-60 1500 มก./ล.

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	0.05 (100%)	2.39 (89%)	0.00 (100%)
3.0	0.05 (100%)	1.65 (92%)	0.00 (100%)
2.5	0.05 (100%)	1.11 (95%)	0.00 (100%)
2.0	0.05 (100%)	0.96 (95%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 53.80 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 21.31 มก./ล. ความเข้มข้นเริ่มต้น = 365.42 Su

พีเอชของน้ำเสียประมาณ 9 พีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 8

ตารางที่ ข-4 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย สไลด์เร็กซ์ โทนสีเหลือง ที่ความดันต่างๆ
ณ สภาวะสมดุล ความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์HRO CH M325-60 3000 มก./ล.

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	0.05 (100%)	4.13 (86%)	0.00 (100%)
3.0	0.05 (100%)	3.87 (87%)	0.00 (100%)
2.5	0.05 (100%)	2.04 (93%)	0.00 (100%)
2.0	0.05 (100%)	1.87 (94%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 64.70 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 29.92 มก./ล. ความเข้มข้นเริ่มต้น = 144.14 Su
พีเอชของน้ำเสียประมาณ 9 พีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 8

ตารางที่ ข-5 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย สไลด์เร็กซ์ โทนสีแดง ที่ความดันต่างๆ
ณ สภาวะสมดุล ความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์HRO CH M325-60 3000 มก./ล.

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	0.05 (100%)	1.89 (91%)	0.00 (100%)
3.0	0.05 (100%)	1.77 (92%)	0.00 (100%)
2.5	0.05 (100%)	1.35 (94%)	0.00 (100%)
2.0	0.05 (100%)	1.12 (95%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 45.26 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 21.77 มก./ล. ความเข้มข้นเริ่มต้น = 192.54 Su
พีเอชของน้ำเสียประมาณ 9 พีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 8

ตารางที่ ข-6 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย สไลด์เร็กซ์ โทนสีน้ำเงิน ที่ความดันต่างๆ
ณ สภาวะสมดุล ความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์HRO CH M325-60 3000 มก./ล.

Transmembrane Pressure (bar)	พารามิเตอร์ที่วัดจากน้ำเพอมีเอท (% Removal)		
	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	Color (Su)
3.5	0.05 (100%)	2.54 (88%)	0.00 (100%)
3.0	0.05 (100%)	1.58 (93%)	0.00 (100%)
2.5	0.05 (100%)	1.02 (95%)	0.00 (100%)
2.0	0.05 (100%)	0.86 (96%)	0.00 (100%)

COD เริ่มต้น = 55.80 มก./ล. TOC เริ่มต้น = 21.31 มก./ล. ความเข้มข้นเริ่มต้น = 365.42 Su
พีเอชของน้ำเสียประมาณ 9 พีเอชของน้ำเพอมีเอทประมาณ 8

ภาคผนวก ข

ผลการทำสมมูลมวลสารของการบำบัดน้ำเสียเสีย้อมโดยกระบวนการอัตราฟิลเตรชัน
ที่มีการเติมผงถ่านกัมมันต์และที่ไม่มีการเติมผงถ่านกัมมันต์

ตารางที่ ซ-1

การทำสมดุลมวลของการบำบัดน้ำเสียที่ย้อม โดยกระบวนการเมมเบรนอัลตราฟิลเตรชัน
ที่ความดันในการดำเนินระบบ 2 บาร์ พีเอชของน้ำเสียประมาณ 7 อุณหภูมิห้อง

ชนิดสี	พารามิเตอร์น้ำเสียเข้า				พารามิเตอร์น้ำเสียออก							
	COD mg/l	TOC mg/l	Color Su	flow ml/min	COD _p mg/l	COD _c mg/l	TOC _p mg/l	TOC _c mg/l	Color _p Su	Color _c Su	flow _p ml/min	flow _c ml/min
สีแสด	80.60	35.90	77.50	4360	3.60	80.80	2.76	36.54	0.00	85.26	79.04	4200
สีดิสเพอร์ส	90.60	85.39	70.30	4360	9.70	91.00	3.58	87.03	0.00	76.21	80.70	4200
สีไดเร็กซ์	60.40	22.15	346.1	4.360	6.05	60.40	3.31	23.75	0.36	375.2	75.97	4200

หมายเหตุ : ใช้โทนนี้นำเงินสำหรับทุกชนิดสี

COD_p = COD ของน้ำเพอมีเอท

COD_c = COD ของน้ำ concentrate

TOC_p = TOC ของน้ำเพอมีเอท

TOC_c = TOC ของน้ำ concentrate

Color_p = ความเข้มสีของน้ำเพอมีเอท

Color_c = ความเข้มสีของน้ำ concentrate

flow_p = อัตราการกรองน้ำเพอมีเอท

flow_c = อัตราการกรองน้ำ concentrate

ตารางที่ ซ-2

การทำสมดุลมวลของการบำบัดน้ำเสียสีย้อมไคเร็กซ์โดยกระบวนการอัลตราฟิลเตรชัน
ร่วมกับการดูดซับด้วยผงถ่านกัมมันต์

ที่ความดันในการดำเนินระบบ 2 บาร์ พีเอชของน้ำเสียประมาณ 9 อุณหภูมิห้อง

		ความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์ (มก./ล.)	
		(มก./ล.)	
พารามิเตอร์น้ำเสียเข้า	COD	53.80	55.80
	TOC	21.31	21.31
	flow (ml/min)	4360	4360
พารามิเตอร์น้ำเพอมีเอท	COD	0.05	0.05
	TOC	0.96	0.86
	flow(ml/min)	72.21	66.82
พารามิเตอร์น้ำ concentrate	COD	25.90	23.63
	TOC	12.45	8.62
	flow(ml/min)	4000	4000

หมายเหตุ : ใช้โตนสีน้ำเงินของน้ำเสียสีย้อมไคเร็กซ์

ภาคผนวก ฉ

ภาพถ่าย คุณสมบัติทางฟิสิกส์ และ ผลการวัดขนาดอนุภาคของ
ผงถ่านกัมมันต์ชนิด HRO CH M325-60



รูปที่ ๗-1 ลักษณะของผงถ่านกัมมันต์ชนิด HRO CH M325-60
 ที่ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน กำลังขยาย 370 เท่า
 ถ่ายที่ : ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TECHNICAL SPECIFICATION

Product : Powdered Activated Carbon
 Grade : HRO CH M325 - 60
 Test Method : ASTM , Unless otherwise stated
 Application : Decolourization , Deodorization , Dechlorination and Organic compound removal

PHYSICAL PROPERTIES	SPECIFICATION
Particle Size Distribution : Under 325 mesh (ASTM MESH/MM.)	MAX. 60 %
Apparent Density (g / cc)	MIN. 0.53
Moisture (% w/w) (As Packed)	MAX. 5
ASH (% w/w) (As Packed)	MAX. 5
pH	8 - 10
Surface Area (m ² / g) (BET)	MIN. 1000
Iodine Number (mg / g) (AWWA B 604)	MIN. 950
Carbon Tetrachloride Adsorption (% w/w) (ASTM 3467 - 88)	MIN. 40
Methylene Blue (cc / g) (JIS K 1407 - 67)	MIN. 130

Packing : 20 kgs. / bag (packed in polypropylene inner)
 : 500 kgs. in jumbo bag with bottom discharge spout is available

“ Quality Guaranteed ”



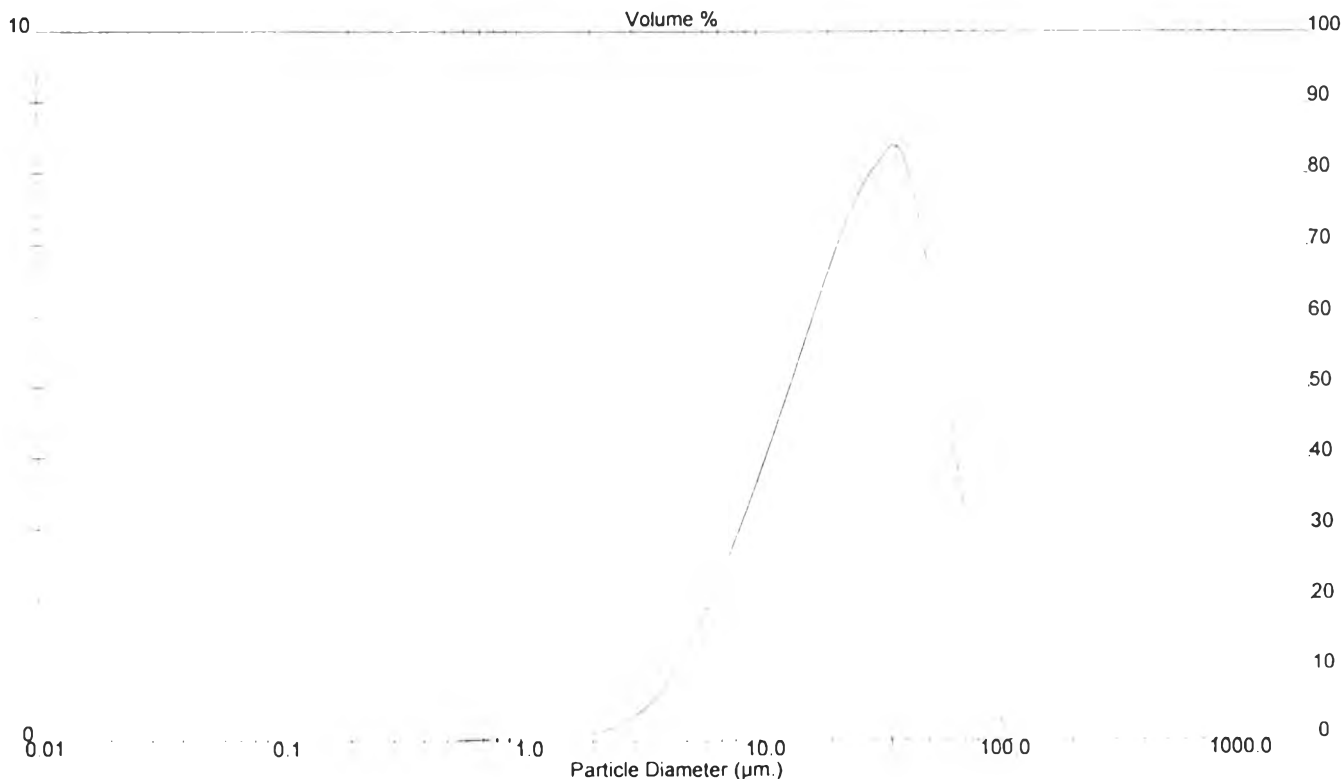
Result: Analysis Report

Sample Details		
Sample ID: PAC	Run Number: 3	Measurement Date: Wed, Aug 05, 1998 10:22AM
Sample File: NARIDA	Record Number: 34	Analysis Date: Wed, Aug 05, 1998 10:22AM
Sample Path: A\		Result Source: Analysed
Sample Notes: Test by Pranee Scientific and Technological Research Equipment Centre Chulalongkorn University Liquid medium: methanol		

System Details			
Range Lens: 300 mm	Beam Length: 14.30 mm	Sampler: MS7	Obscuration: 22.4 %
Presentation: 30HD	[Particle R.I. = (1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]		Residual: 3.234 %
Analysis Model: Polydisperse			
Modifications: None			

Result Statistics			
Distribution Type: Volume	Concentration = 0.0093 %Vol	Density = 1.000 g / cub cm	Specific S.A = 0.3649 sq m / g
Mean Diameters	D (v, 0.1) = 8.14 um	D (v, 0.5) = 25.88 um	D (v, 0.9) = 57.41 um
D [4, 3] = 29.83 um	D [3, 2] = 16.44 um	Span = 1.904E+00	Uniformity = 5.958E-01

Size_Low (um)	In %	Size_High (um)	Under%	Size_Low (um)	In %	Size_High (um)	Under%
0.49	0.01	0.58	0.01	22.49	7.41	26.20	50.62
0.58	0.02	0.67	0.03	26.20	7.88	30.53	58.50
0.67	0.03	0.78	0.06	30.53	8.20	35.56	66.70
0.78	0.04	0.91	0.10	35.56	8.36	41.43	75.05
0.91	0.04	1.06	0.14	41.43	7.70	48.27	82.75
1.06	0.04	1.24	0.18	48.27	6.49	56.23	89.24
1.24	0.05	1.44	0.23	56.23	4.87	65.51	94.11
1.44	0.06	1.68	0.29	65.51	3.33	76.32	97.44
1.68	0.08	1.95	0.38	76.32	1.91	88.91	99.35
1.95	0.13	2.28	0.50	88.91	0.65	103.58	100.00
2.28	0.20	2.65	0.70	103.58	0.00	120.67	100.00
2.65	0.31	3.09	1.02	120.67	0.00	140.58	100.00
3.09	0.49	3.60	1.51	140.58	0.00	163.77	100.00
3.60	0.73	4.19	2.23	163.77	0.00	190.80	100.00
4.19	1.05	4.88	3.28	190.80	0.00	222.28	100.00
4.88	1.44	5.69	4.72	222.28	0.00	258.95	100.00
5.69	1.90	6.63	6.61	258.95	0.00	301.68	100.00
6.63	2.42	7.72	9.03	301.68	0.00	351.46	100.00
7.72	2.99	9.00	12.02	351.46	0.00	409.45	100.00
9.00	3.59	10.48	15.61	409.45	0.00	477.01	100.00
10.48	4.21	12.21	19.82	477.01	0.00	555.71	100.00
12.21	4.86	14.22	24.68	555.71	0.00	647.41	100.00
14.22	5.52	16.57	30.19	647.41	0.00	754.23	100.00
16.57	6.18	19.31	36.38	754.23	0.00	878.67	100.00
19.31	6.83	22.49	43.21				





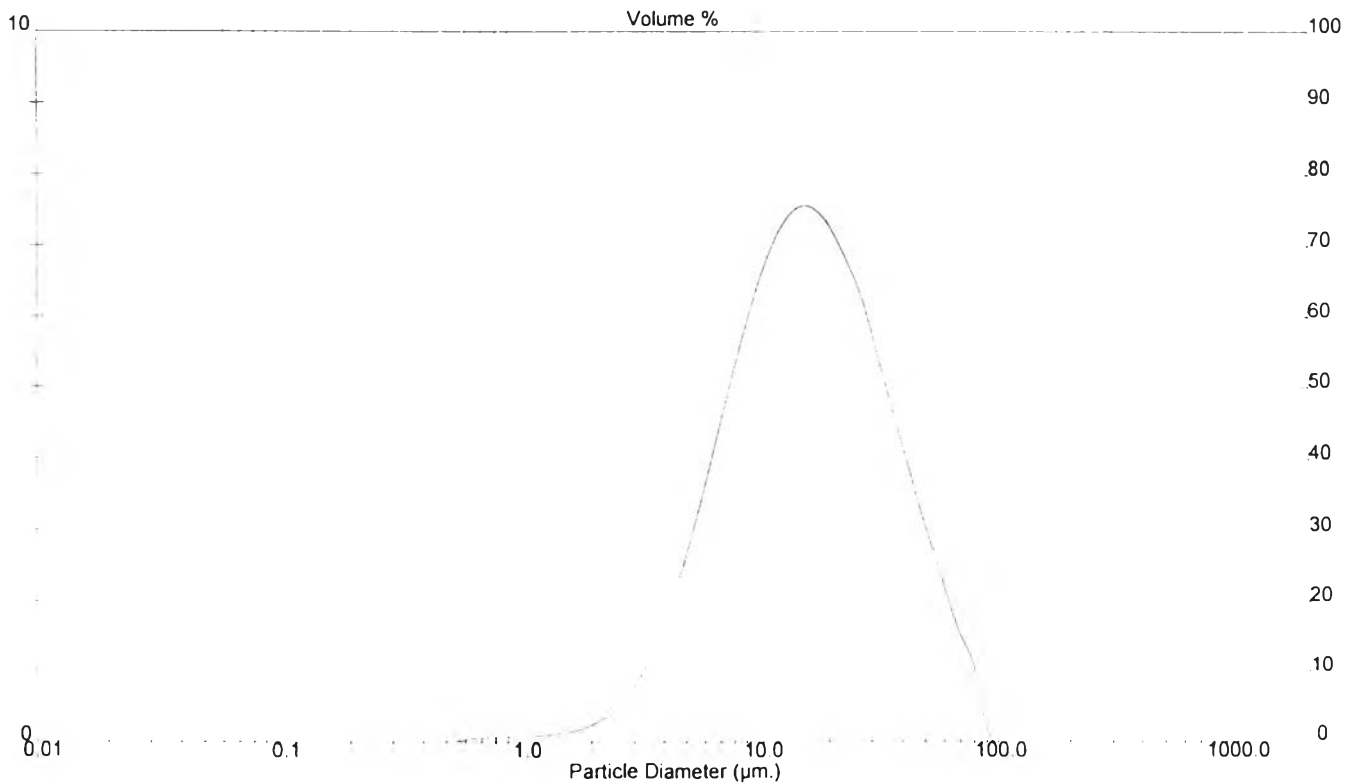
Result: Analysis Report

Sample Details		
Sample ID: PAC	Run Number: 4	Measurement Date: Wed, Aug 05, 1998 10:23AM
Sample File: NARIDA	Record Number: 35	Analysis Date: Wed, Aug 05, 1998 10:23AM
Sample Path: A.1		Result Source: Analysed
Sample Notes: Test by Pranee Scientific and Technological Research Equipment Centre Chulalongkorn University Liquid medium: methanol		

System Details			
Range Lens: 300 mm	Beam Length: 14.30 mm	Sampler: MS7	Obscuration: 32.6 %
Presentation: 3OHD	[Particle R.I. = (1.5295, 0.1000);	Dispersion R.I. = 1.3300]	Residual: 2.347 %
Analysis Model: Polydisperse			
Modifications: None			

Result Statistics			
Distribution Type: Volume	Concentration = 0.0098 %Vol	Density = 1.000 g/cub cm	Specific S.A. = 0.5338 sq m/g
Mean Diameters	D (v, 0.1) = 5.77 um	D (v, 0.5) = 16.18 um	D (v, 0.9) = 43.47 um
D [4, 3] = 20.94 um	D [3, 2] = 11.24 um	Span = 2.331E+00	Uniformity = 7.149E-01

Size_Low (um)	In %	Size_High (um)	Under%	Size_Low (um)	In %	Size_High (um)	Under%
0.49	0.02	0.58	0.02	22.49	6.76	26.20	72.67
0.58	0.04	0.67	0.07	26.20	6.20	30.53	78.87
0.67	0.07	0.78	0.13	30.53	5.35	35.56	84.22
0.78	0.07	0.91	0.20	35.56	4.53	41.43	88.74
0.91	0.08	1.06	0.29	41.43	3.72	48.27	92.47
1.06	0.09	1.24	0.38	48.27	2.95	56.23	95.42
1.24	0.11	1.44	0.48	56.23	2.21	65.51	97.63
1.44	0.13	1.68	0.62	65.51	1.51	76.32	99.14
1.68	0.19	1.95	0.81	76.32	0.86	88.91	100.00
1.95	0.28	2.28	1.09	88.91	0.00	103.58	100.00
2.28	0.44	2.65	1.53	103.58	0.00	120.67	100.00
2.65	0.68	3.09	2.21	120.67	0.00	140.58	100.00
3.09	1.03	3.60	3.24	140.58	0.00	163.77	100.00
3.60	1.51	4.19	4.75	163.77	0.00	190.80	100.00
4.19	2.12	4.88	6.87	190.80	0.00	222.28	100.00
4.88	2.84	5.69	9.71	222.28	0.00	258.95	100.00
5.69	3.66	6.63	13.37	258.95	0.00	301.68	100.00
6.63	4.53	7.72	17.90	301.68	0.00	351.46	100.00
7.72	5.40	9.00	23.30	351.46	0.00	409.45	100.00
9.00	6.20	10.48	29.50	409.45	0.00	477.01	100.00
10.48	6.85	12.21	36.35	477.01	0.00	555.71	100.00
12.21	7.31	14.22	43.66	555.71	0.00	647.41	100.00
14.22	7.53	16.57	51.19	647.41	0.00	754.23	100.00
16.57	7.49	19.31	58.68	754.23	0.00	878.67	100.00
19.31	7.22	22.49	65.90				





Result: Analysis Report

Sample Details

Sample ID: PAC Run Number: 5 Measurement Date: Wed, Aug 05, 1998 10:23AM
 Sample File: NARIDA Record Number: 36 Analysis Date: Wed, Aug 05, 1998 10:23AM
 Sample Path: A:\ Result Source: Analysed
 Sample Notes: Test by Pranee : Scientific and Technological Research
 Equipment Centre Chulalongkorn University
 Liquid medium : methanol

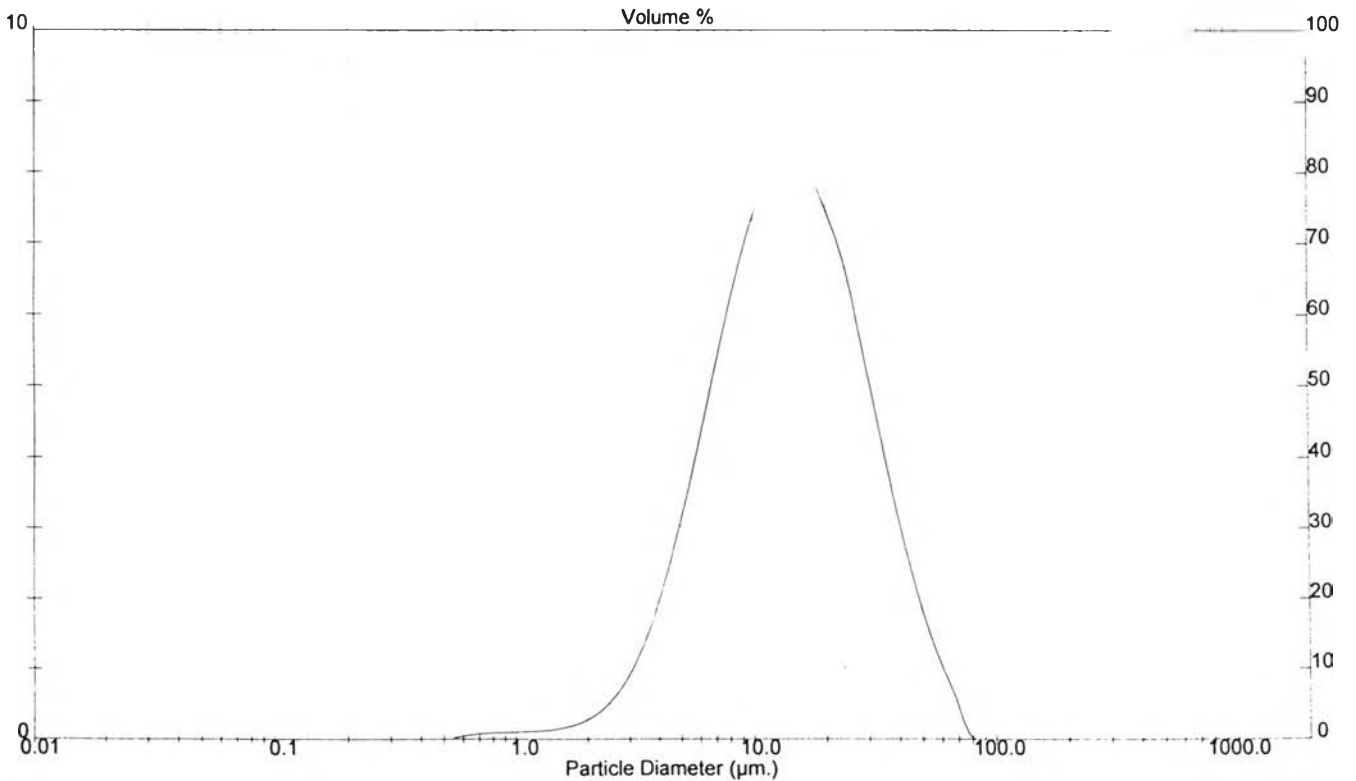
System Details

Range Lens: 300 mm Beam Length: 14.30 mm Sampler: MS7 Obscuration: 34.0 %
 Presentation: 3OHD [Particle R.I. = (1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300] Residual: 2.245 %
 Analysis Model: Polydisperse
 Modifications: None

Result Statistics

Distribution Type: Volume Concentration = 0.0091 %Vol Density = 1.000 g / cub cm Specific S.A. = 0.6022 sq m / g
 Mean Diameter: D (v, 0.1) = 5.31 um D (v, 0.5) = 13.91 um D (v, 0.9) = 34.11 um
 D [4, 3] = 17.29 um D [3, 2] = 9.96 um Span = 2.071E+00 Uniformity = 6.453E-01

Size_Low (um)	In %	Size_High (um)	Under%	Size_Low (um)	In %	Size_High (um)	Under%
0.49	0.03	0.58	0.03	22.49	5.61	26.20	81.13
0.58	0.06	0.67	0.09	26.20	5.53	30.53	86.67
0.67	0.09	0.78	0.17	30.53	4.44	35.56	91.11
0.78	0.10	0.91	0.27	35.56	3.39	41.43	94.49
0.91	0.11	1.06	0.37	41.43	2.44	48.27	96.93
1.06	0.12	1.24	0.49	48.27	1.64	56.23	98.56
1.24	0.13	1.44	0.62	56.23	1.00	65.51	99.57
1.44	0.16	1.68	0.78	65.51	0.43	76.32	100.00
1.68	0.22	1.95	1.00	76.32	0.00	88.91	100.00
1.95	0.33	2.28	1.33	88.91	0.00	103.58	100.00
2.28	0.51	2.65	1.84	103.58	0.00	120.67	100.00
2.65	0.80	3.09	2.64	120.67	0.00	140.58	100.00
3.09	1.23	3.60	3.87	140.58	0.00	163.77	100.00
3.60	1.82	4.19	5.69	163.77	0.00	190.80	100.00
4.19	2.56	4.88	8.25	190.80	0.00	222.28	100.00
4.88	3.44	5.69	11.68	222.28	0.00	258.95	100.00
5.69	4.42	6.63	16.10	258.95	0.00	301.68	100.00
6.63	5.44	7.72	21.54	301.68	0.00	351.46	100.00
7.72	6.40	9.00	27.94	351.46	0.00	409.45	100.00
9.00	7.24	10.48	35.18	409.45	0.00	477.01	100.00
10.48	7.85	12.21	43.03	477.01	0.00	555.71	100.00
12.21	8.17	14.22	51.20	555.71	0.00	647.41	100.00
14.22	8.17	16.57	59.37	647.41	0.00	754.23	100.00
16.57	7.85	19.31	67.22	754.23	0.00	878.67	100.00
19.31	7.30	22.49	74.53				



ภาคผนวก ฉ

ผลการทดสอบหาขนาดของอนุภาคของดีแวนด์และดีคิสเพอร์ส

โดยเทคนิค Dynamic Light Scattering

ทดสอบที่ ภาควิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ตึก สวทช.

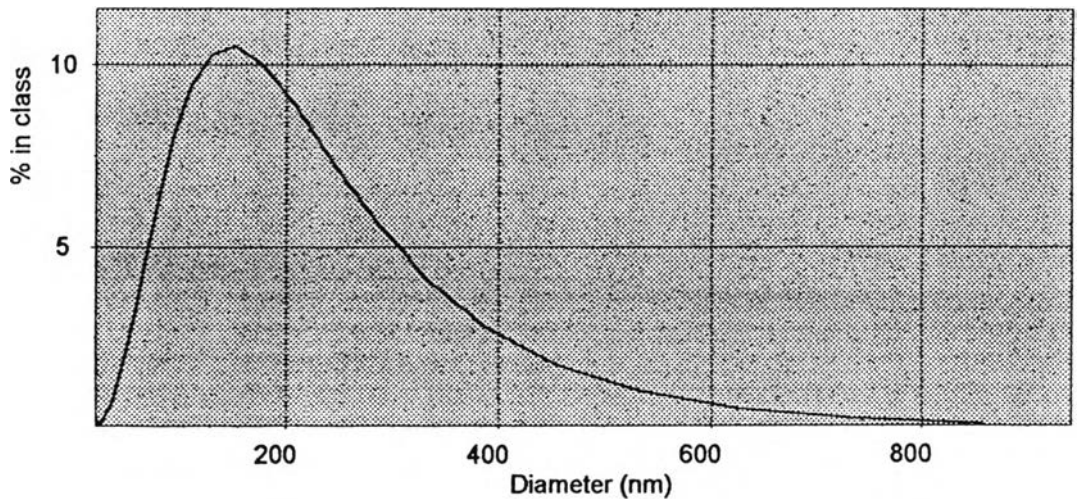
VAT Yellow
 Azo dye

File data from C:\AZODYE.sz2 Record 3
 S4700

Data taken on 25/09/98 at 17:51:53
 Merit 43.4 % In range 97.2 %
 Temperature 30.0 Viscosity 0.798 cP Angle 90.0 deg
 RI medium 1.33 RI particle 1.6C + Abs. 0.00

Cumulant Z Ave 147.1 nm Polydispersity 0.357

Size distribution(s)



Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity
22.9	0.1	80.7	6.4	284.4	5.7
26.8	0.2	94.5	8.0	332.8	4.1
31.4	0.4	110.6	9.4	389.6	2.8
36.8	0.7	129.5	10.3	456.0	1.8
43.0	1.3	151.5	10.5	533.7	1.0
50.4	2.1	177.3	10.0	624.7	0.6
58.9	3.3	207.6	8.9	731.1	0.3
69.0	4.7	243.0	7.4	855.8	0.1

Peak : Mean 175.0 width 225.8 ,
 Analysis Monomodal Fit 0.000731

VAT Yellow
Azo dye

File data from C:\VAZODYE.sz2 Record 2
S4700

Data taken on 25/09/98 at 17:49:19

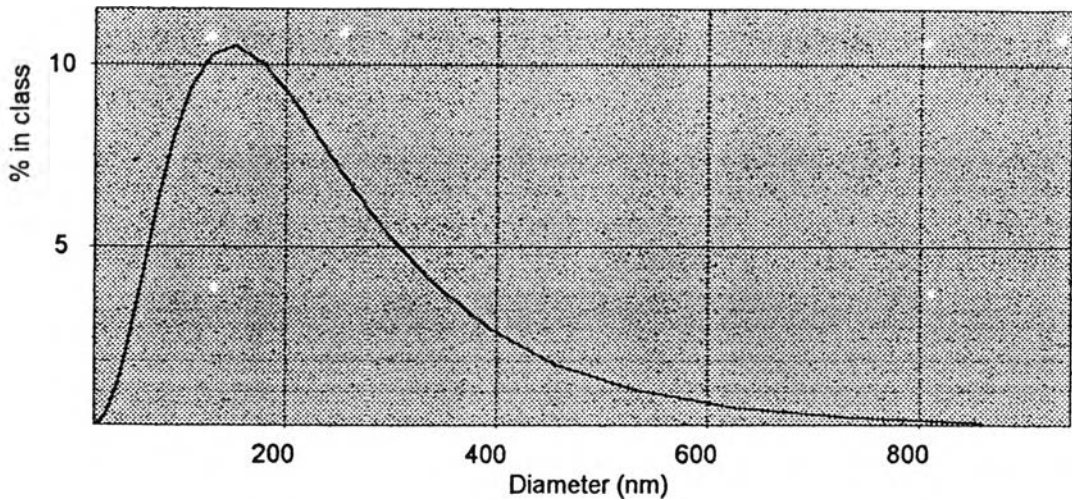
Merit 43.2 % In range 95.2 %

Temperature 30.0 Viscosity 0.798 cP Angle 90.0 deg

RI medium 1.33 RI particle 1.60 + Abs. 0.00

Cumulant Z Ave 149.0 nm Polydispersity 0.352

Size distribution(s)



Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity
23.5	0.1	82.1	6.4	286.8	5.7
27.5	0.2	96.0	8.0	335.4	4.1
32.2	0.4	112.3	9.4	392.1	2.8
37.6	0.7	131.3	10.3	458.5	1.8
44.0	1.3	153.5	10.5	536.0	1.0
51.4	2.1	179.5	10.0	626.7	0.6
60.1	3.3	209.8	8.9	732.8	0.3
70.3	4.7	245.3	7.4	856.8	0.1

Peak : Mean 176.8 width 226.9 ,

Analysis Monomodal Fit 0.000672

VAT Yellow
Azo dye

File data from C:\AZODYE.sz2 Record 3
S4700

Data taken on 25/09/98 at 17:51:53

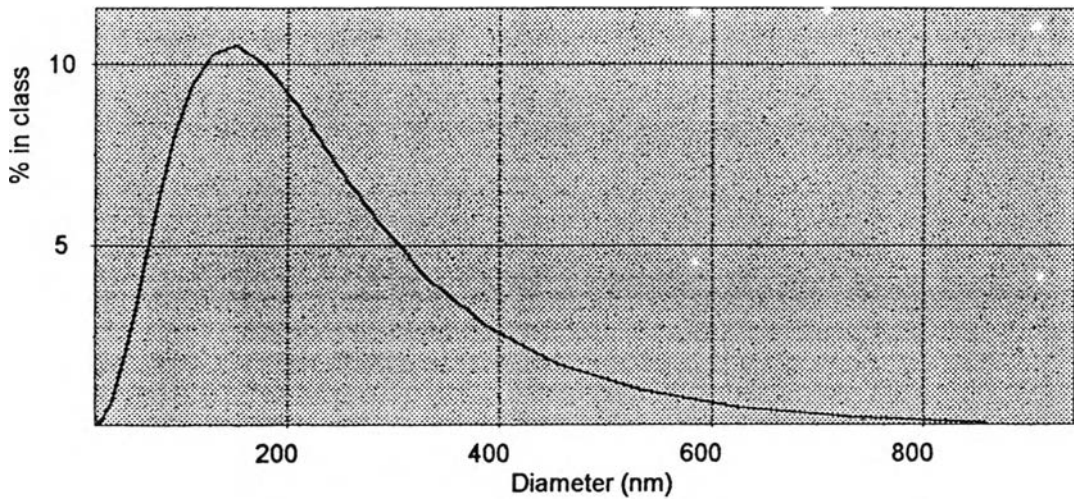
Merit 43.4 % In range 97.2 %

Temperature 30.0 Viscosity 0.798 cP Angle 90.0 deg

RI medium 1.33 RI particle 1.60 + Abs. 0.00

Cumulant Z Ave 147.1 nm Polydispersity 0.357

Size distribution(s)



Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity
22.9	0.1	80.7	6.4	284.4	5.7
26.8	0.2	94.5	8.0	332.8	4.1
31.4	0.4	110.6	9.4	389.6	2.8
36.8	0.7	129.5	10.3	456.0	1.8
43.0	1.3	151.5	10.5	533.7	1.0
50.4	2.1	177.3	10.0	624.7	0.6
58.9	3.3	207.6	8.9	731.1	0.3
69.0	4.7	243.0	7.4	855.8	0.1

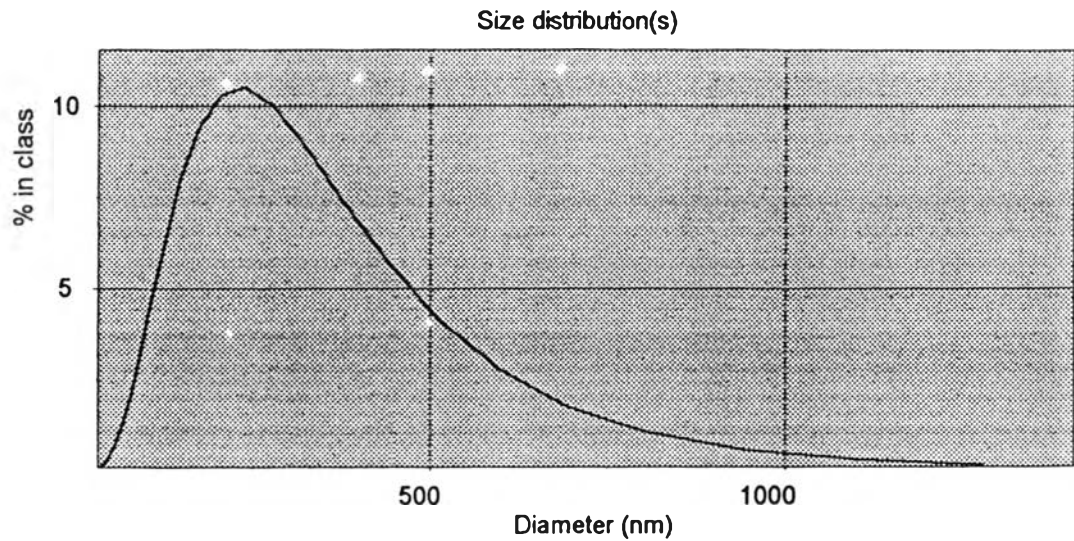
Peak : Mean 175.0 width 225.8 ,

Analysis Monomodal Fit 0.000731

VAT Red
 Azo dye

File data from c:\azodye.sz2 Record 16
 S4700
 Data taken on 28/09/98 at 15:33:22
 Merit 55.3 % In range 94.2 %
 Temperature 30.0 Viscosity 0.798 cP Angle 90.0 deg
 RI medium 1.33 RI particle 1.60 + Abs. 0.00

Cumulant Z Ave 232.4 nm Polydispersity 0.334



Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity
38.5	0.1	130.2	6.4	440.3	5.7
44.8	0.2	151.6	8.0	512.7	4.1
52.2	0.4	176.5	9.4	597.0	2.8
60.8	0.7	205.6	10.3	695.3	1.7
70.8	1.3	239.4	10.5	809.7	1.0
82.4	2.1	278.8	10.0	942.9	0.6
96.0	3.3	324.6	8.9	1098.1	0.3
111.8	4.7	378.0	7.4	1278.7	0.1

Peak : Mean 273.4 width 343.4 ,
 Analysis Monomodal Fit 0.000459

VAT Red
Azo dye

File data from C:\AZODYE.sz2 Record 17
S4700

Data taken on 28/09/98 at 15:38:04

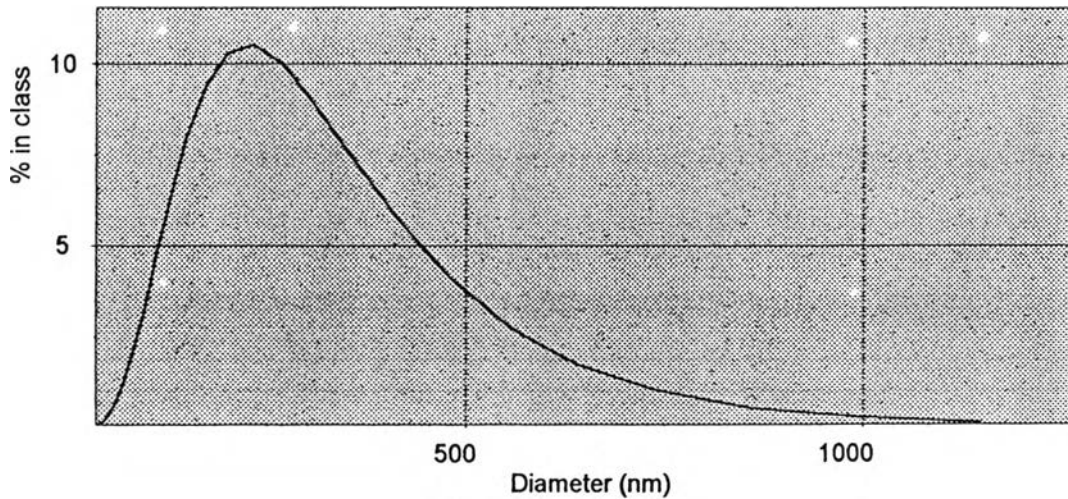
Merit 54.8 % In range 94.9 %

Temperature 30.0 Viscosity 0.798 cP Angle 90.0 deg

RI medium 1.33 RI particle 1.60 + Abs. 0.00

Cumulant Z Ave 226.6 nm Polydispersity 0.302

Size distribution(s)



Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity
41.1	0.1	130.8	6.4	416.5	5.7
47.5	0.2	151.2	8.0	481.4	4.1
54.9	0.4	174.7	9.4	556.4	2.8
63.4	0.7	202.0	10.3	643.1	1.7
73.3	1.3	233.4	10.5	743.3	1.0
84.7	2.1	269.8	10.0	859.1	0.6
97.9	3.3	311.8	8.9	992.9	0.3
113.2	4.7	360.4	7.4	1147.6	0.1

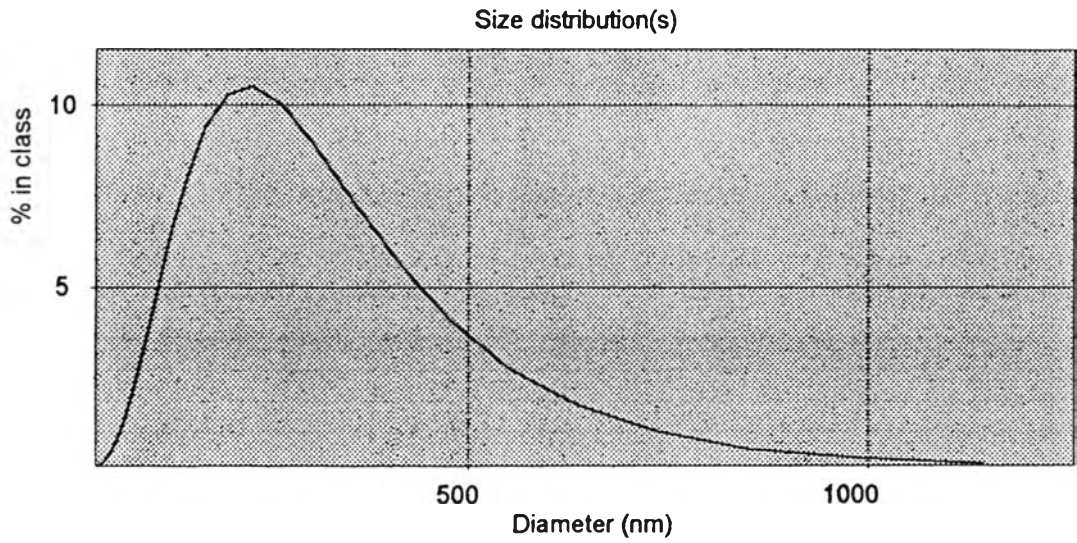
Peak : Mean 262.5 width 315.9 ,

Analysis Monomodal Fit 0.000475

VAT Red
 Azo dye

File data from C:\AZODYE.sz2 Record 18
 S4700
 Data taken on 28/09/98 at 15:42:46
 Merit 55.1 % In range 95.8 %
 Temperature 30.0 Viscosity 0.798 cP Angle 90.0 deg
 RI medium 1.33 RI particle 1.60 + Abs. 0.00

Cumulant Z Ave 223.5 nm Polydispersity 0.305



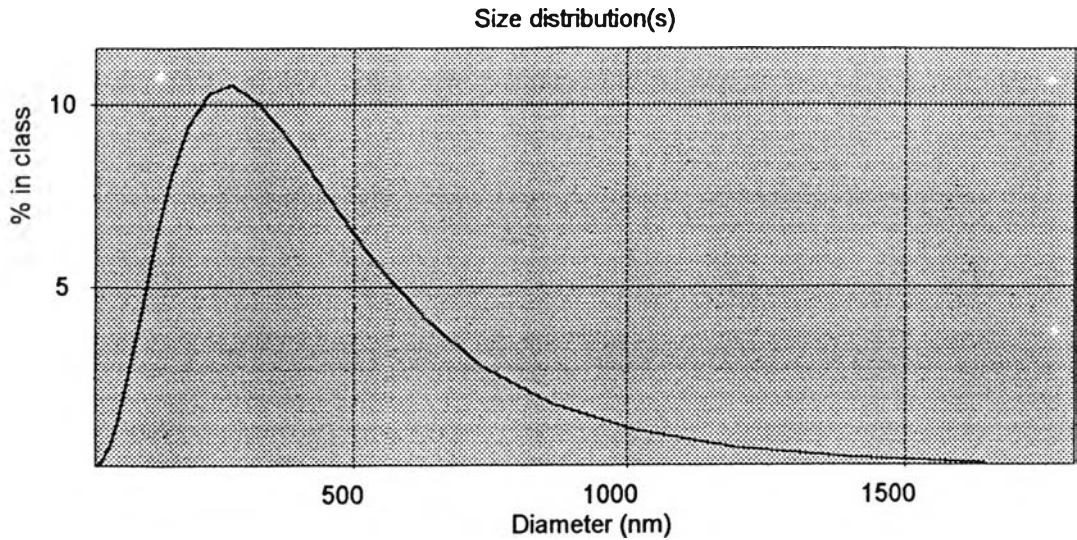
Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity
40.1	0.1	128.6	6.4	412.0	5.7
46.4	0.2	148.7	8.0	476.5	4.1
53.7	0.4	172.0	9.4	551.2	2.8
62.1	0.7	199.0	10.3	637.5	1.7
71.8	1.3	230.2	10.5	737.4	1.0
83.1	2.1	266.2	10.0	852.9	0.6
96.1	3.3	307.9	8.9	986.5	0.3
111.2	4.7	356.2	7.4	1141.0	0.1

Peak : Mean 259.2 width 313.3 ,
 Analysis Monomodal Fit 0.000406

VAT Blue
 Azo dye

File data from c:\azodye.sz2 Record 7
 S4700
 Data taken on 28/09/98 at 13:38:39
 Merit 57.9 % In range 94.8 %
 Temperature 30.0 Viscosity 0.798 cP Angle 90.0 deg
 RI medium 1.33 RI particle 1.60 + Abs. 0.00

Cumulant Z Ave 274.6 nm Polydispersity 0.368



Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity
41.6	0.1	149.3	6.4	536.0	5.7
48.8	0.2	175.1	8.0	628.8	4.1
57.2	0.4	205.5	9.4	737.8	2.8
67.1	0.7	241.1	10.3	865.6	1.8
78.8	1.3	282.9	10.5	1015.6	1.0
92.4	2.1	331.9	10.0	1191.6	0.6
108.4	3.3	389.4	8.9	1398.0	0.3
127.2	4.7	456.8	7.4	1640.3	0.1

Peak : Mean 328.4 width 429.0 ,
 Analysis Monomodal Fit 0.000486

VAT Blue
Azo dye

File data from C:\AZODYE.sz2 Record 8
S4700

Data taken on 28/09/98 at 13:43:05

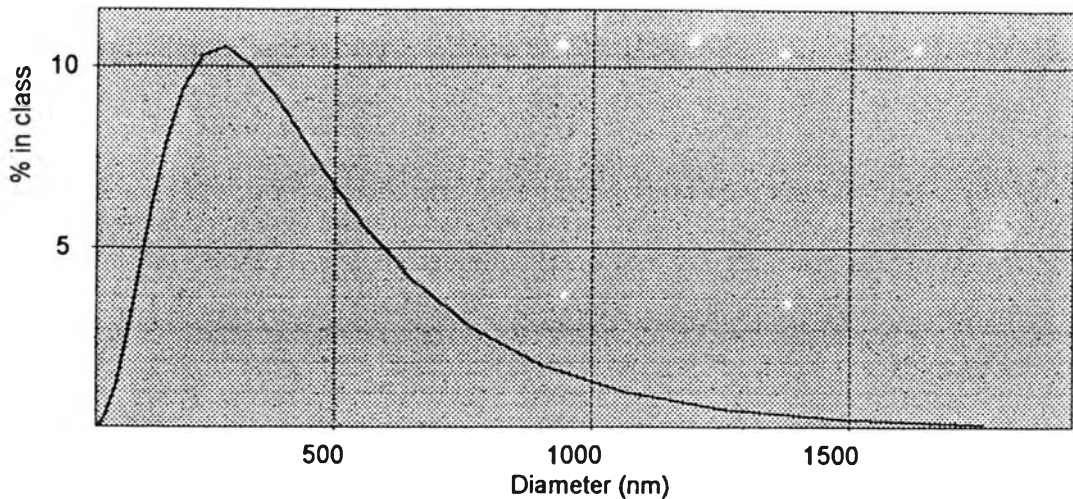
Merit 57.9 % In range 96.6 %

Temperature 30.0 Viscosity 0.798 cP Angle 90.0 deg

RI medium 1.33 RI particle 1.60 + Abs. 0.00

Cumulant Z Ave 273.8 nm Polydispersity 0.399

Size distribution(s)



Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity
38.2	0.1	144.9	6.3	548.9	5.7
45.2	0.2	171.1	8.0	648.4	4.2
53.3	0.4	202.1	9.4	765.9	2.8
63.0	0.7	238.7	10.3	904.6	1.8
74.4	1.3	282.0	10.5	1068.6	
87.9	2.1	333.1	10.0	1262.2	
103.8	3.2	393.4	8.9	1490.9	0.3
122.6	4.7	464.7	7.4	1761.0	0.1

Peak : Mean 332.4 width 449.0 ,

Analysis Monomodal Fit 0.000591

VAT Blue
Azo dye

File data from C:\AZODYE sz2 Record 9
S4700

Data taken on 28/09/98 at 13:47:31

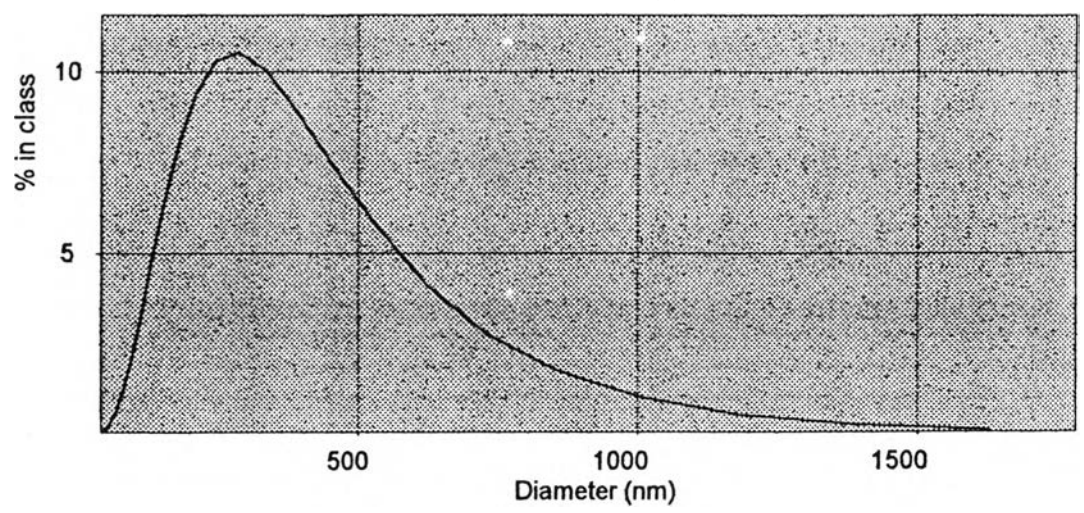
Merit 57.2 % In range 93.5 %

Temperature 30.0 Viscosity 0.798 cP Angle 90.0 deg

RI medium 1.33 RI particle 1.60 + Abs. 0.00

Cumulant Z Ave 273.5 nm Polydispersity 0.365

Size distribution(s)



Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity
41.7	0.1	149.0	6.4	532.7	5.7
48.9	0.2	174.7	8.0	624.7	4.1
57.2	0.4	204.9	9.4	732.5	2.8
67.2	0.7	240.2	10.3	859.0	1.8
78.8	1.3	281.7	10.5	1007.3	1.0
92.4	2.1	330.4	10.0	1181.2	0.6
108.3	3.3	387.4	8.9	1385.1	0.4
127.1	4.7	454.3	7.4	1624.3	0.1

Peak : Mean 326.7 width 425.6 ,
Analysis Monomodal Fit 0.000770

disperse Yellow
Azo dye

File data from c:\azodye.sz2 Record 10
S4700

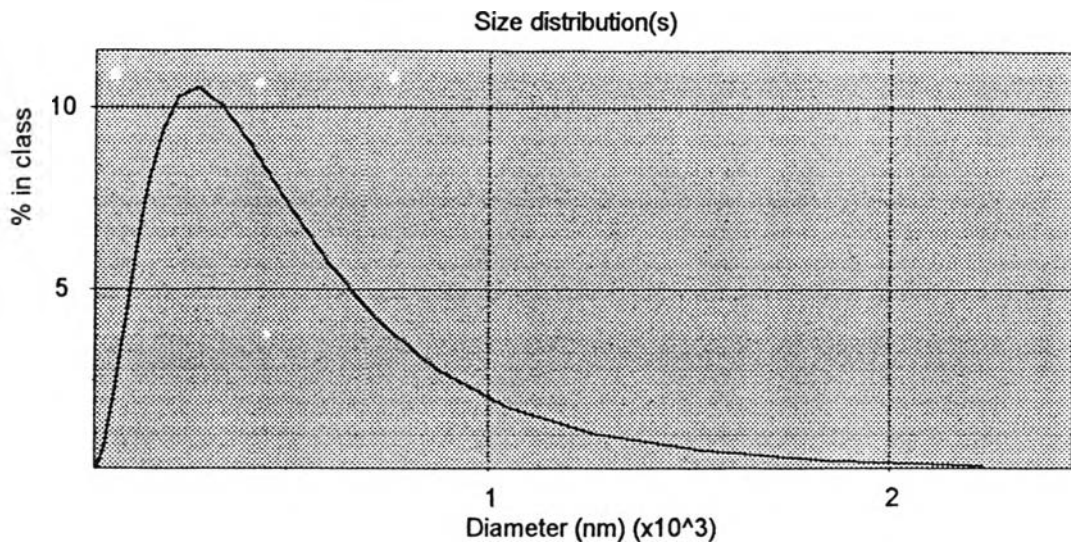
Data taken on 28/09/98 at 14:13:38

Merit 56.5 % In range 86.0 %

Temperature 30.0 Viscosity 0.798 cP Angle 90.0 deg

RI medium 1.33 RI particle 1.60 + Abs. 0.00

Cumulant Z Ave 274.4 nm Polydispersity 0.507



Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity
29.7	0.1	133.4	6.3	598.7	5.8
35.9	0.2	161.0	8.0	722.3	4.2
43.3	0.4	194.2	9.4	871.4	2.8
52.2	0.7	234.3	10.3	1051.3	1.8
63.0	1.2	282.6	10.5	1268.3	1.0
76.0	2.1	341.0	10.1	1530.1	0.6
91.7	3.2	411.4	9.0	1846.0	0.3
110.6	4.7	496.3	7.4	2227.1	0.1

Peak : Mean 351.0 width 519.9 ,

Analysis Monomodal Fit 0.000437

disperse Yellow
Azo dye

File data from C:\AZODYE.sz2 Record 11
S4700

Data taken on 28/09/98 at 14:17:15

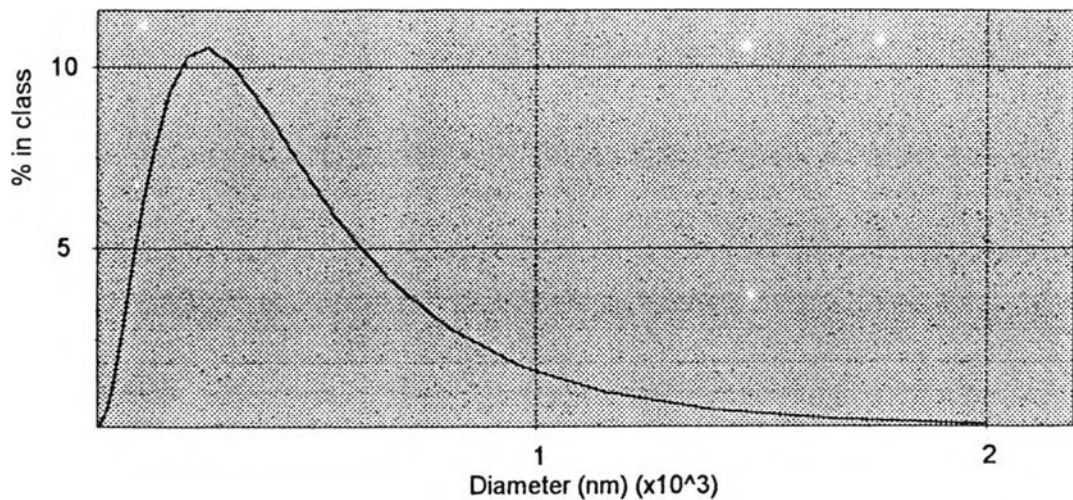
Merit 55.7 % In range 87.1 %

Temperature 30.0 Viscosity 0.798 cP Angle 90.0 deg

RI medium 1.33 RI particle 1.60 + Abs. 0.00

Cumulant Z Ave 263.8 nm Polydispersity 0.473

Size distribution(s)



Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity
30.8	0.1	131.6	6.3	561.2	5.8
37.0	0.2	157.7	8.0	672.7	4.2
44.3	0.4	189.1	9.4	806.4	2.8
53.1	0.7	226.7	10.3	966.7	1.8
63.7	1.2	271.7	10.5	1158.9	1.0
76.4	2.1	325.7	10.0	1389.3	0.6
91.6	3.2	390.5	9.0	1665.5	0.3
109.8	4.7	468.1	7.4	1996.6	0.1

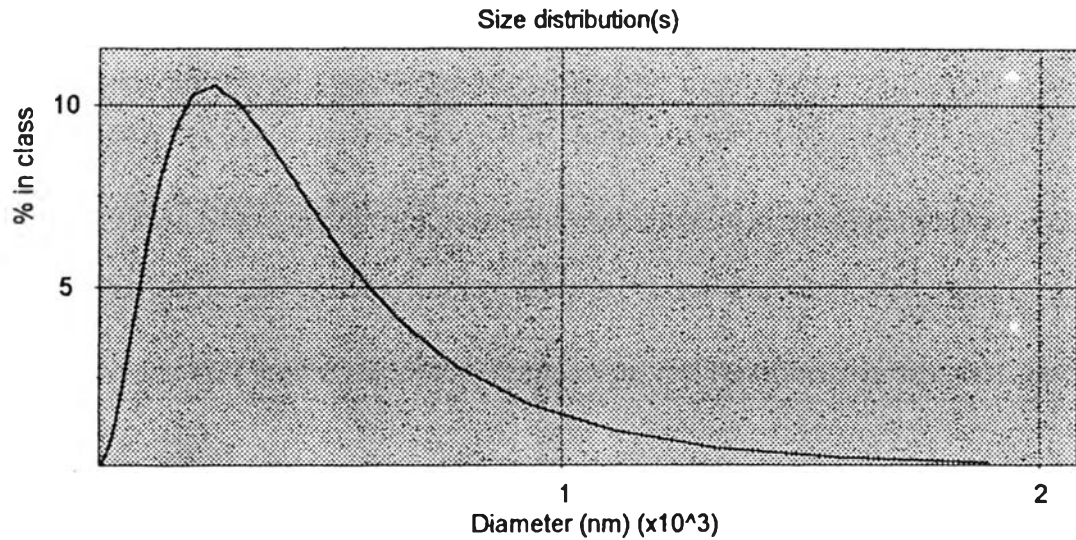
Peak : Mean 332.0 width 479.2 ,

Analysis Monomodal Fit 0.000405

disperse Yellow
 Azo dye

 File data from C:\AZODYE.sz2 Record 12
 S4700
 Data taken on 28/09/98 at 14:20:51
 Merit 55.6 % In range 88.3 %
 Temperature 30.0 Viscosity 0.798 cP Angle 90.0 deg
 RI medium 1.33 RI particle 1.60 + Abs. 0.00

 Cumulant Z Ave 260.3 nm Polydispersity 0.455



Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity
31.8	0.1	131.7	6.3	545.7	5.8
38.0	0.2	157.3	8.0	651.8	4.2
45.3	0.4	187.9	9.4	778.6	2.8
54.2	0.7	224.4	10.3	930.0	1.8
64.7	1.3	268.1	10.5	1110.9	1.0
77.3	2.1	320.2	10.0	1326.9	0.6
92.3	3.2	382.5	8.9	1584.9	0.3
110.3	4.7	456.9	7.4	1893.1	0.1

Peak : Mean 324.6 width 461.4 ,
 Analysis Monomodal Fit 0.000492

disperse Red
Azo dye

File data from c:\azodye.sz2 Record 13
S4700

Data taken on 28/09/98 at 15:12:07

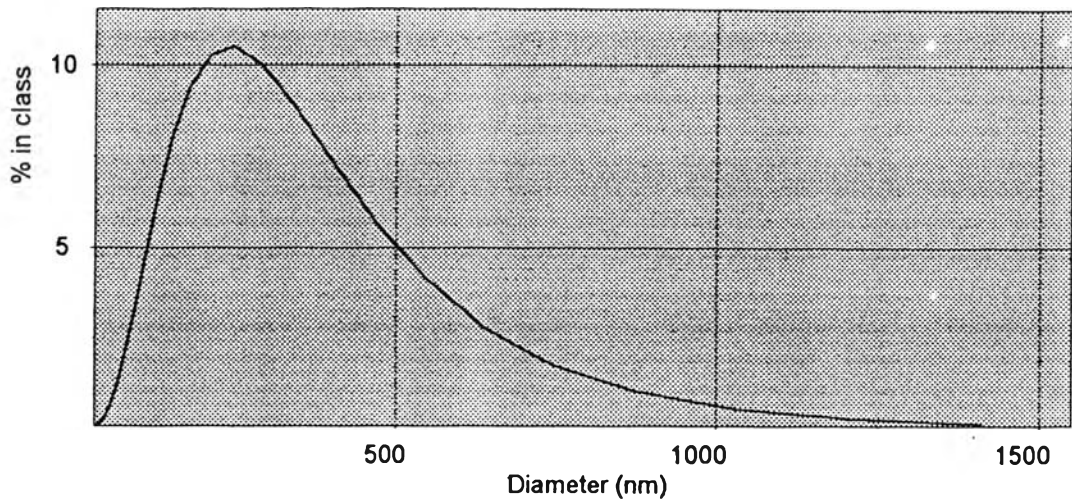
Merit 55.8 % In range 90.2 %

Temperature 30.0 Viscosity 0.798 cP Angle 90.0 deg

RI medium 1.33 RI particle 1.60 + Abs. 0.00

Cumulant Z Ave 242.6 nm Polydispersity 0.356

Size distribution(s)



Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity
37.9	0.1	133.2	6.4	468.6	5.7
44.3	0.2	155.9	8.0	548.4	4.1
51.9	0.4	182.4	9.4	641.8	2.8
60.7	0.7	213.5	10.3	751.0	1.8
71.0	1.3	249.8	10.5	878.9	1.0
83.1	2.1	292.4	10.0	1028.6	0.6
97.3	3.3	342.2	8.9	1203.7	0.3
113.8	4.7	400.4	7.4	1408.7	0.1

Peak : Mean 288.4 width 371.8

Analysis Monomodal Fit 0.000488

disperse Red
Azo dye

File data from C:\AZODYE.sz2 Record 14
S4700

Data taken on 28/09/98 at 15:16:39

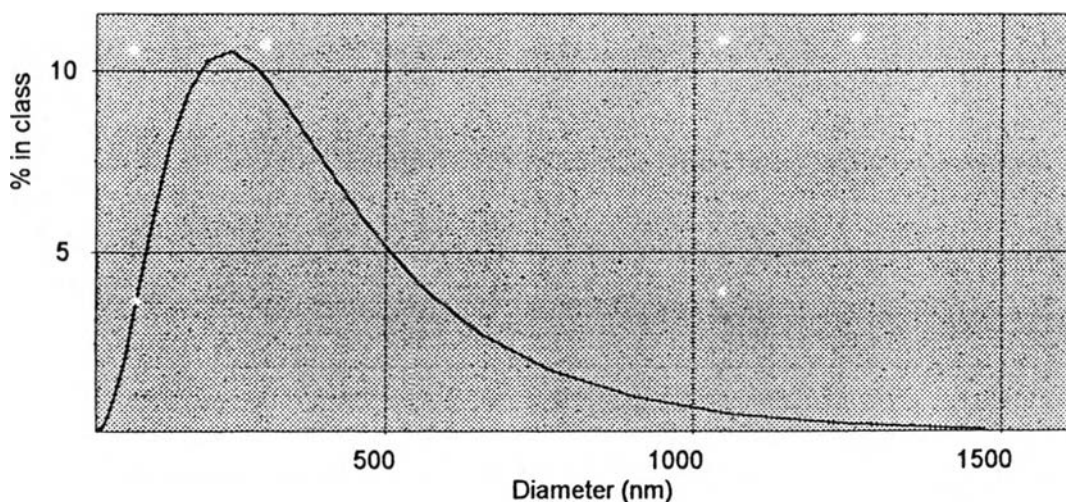
Merit 54.6 % In range 86.2 %

Temperature 30.0 Viscosity 0.798 cP Angle 90.0 deg

RI medium 1.33 RI particle 1.60 + Abs. 0.00

Cumulant Z Ave 240.6 nm Polydispersity 0.378

Size distribution(s)



Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity
35.5	0.1	129.6	6.3	473.7	5.7
41.7	0.2	152.4	8.0	557.0	4.1
49.0	0.4	179.2	9.4	655.0	2.8
57.7	0.7	210.7	10.3	770.2	1.8
67.8	1.3	247.8	10.5	905.7	1.0
79.7	2.1	291.4	10.0	1065.0	0.6
93.7	3.3	342.6	8.9	1252.3	0.3
110.2	4.7	402.9	7.4	1472.5	0.1

Peak : Mean 289.1 width 381.9 ,

Analysis Monomodal Fit 0.000330

disperse Red
Azo dye

File data from C:\AZODYE.sz2 Record 15
S4700

Data taken on 28/09/98 at 15:21:11

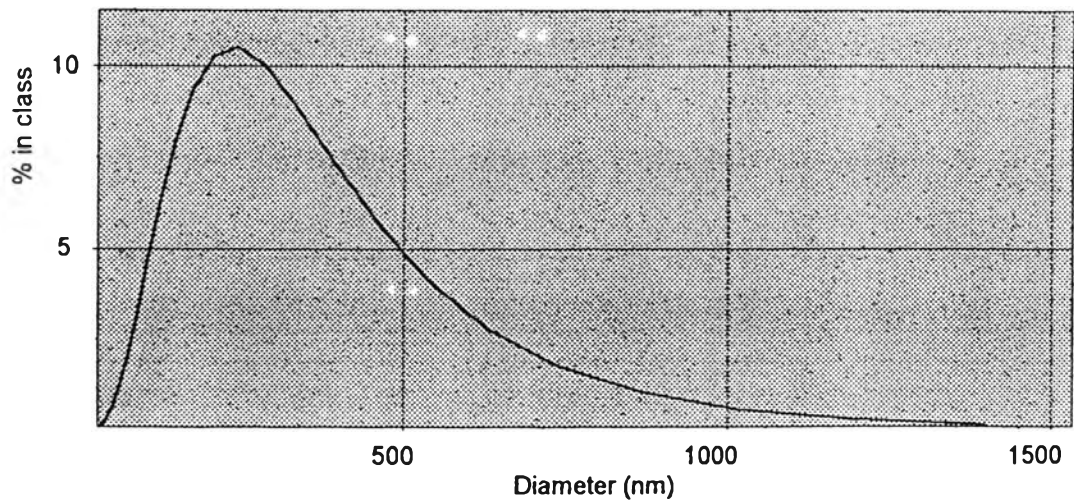
Merit 55.3 % In range 91.4 %

Temperature 30.0 Viscosity 0.798 cP Angle 90.0 deg

RI medium 1.33 RI particle 1.60 + Abs. 0.00

Cumulant Z Ave 236.5 nm Polydispersity 0.362

Size distribution(s)



Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity
36.3	0.1	129.2	6.4	459.4	5.7
42.6	0.2	151.4	8.0	538.4	4.1
49.9	0.4	177.4	9.4	630.9	2.8
58.5	0.7	207.9	10.3	739.3	1.8
68.5	1.3	243.6	10.5	866.4	1.0
80.3	2.1	285.5	10.0	1015.2	0.6
94.1	3.3	334.6	8.9	1189.7	0.3
110.2	4.7	392.1	7.4	1394.2	0.1

Peak : Mean 282.1 width 366.2 ,

Analysis Monomodal Fit 0.000554

disperse Blue
Azo dye

File data from c:\azodye.sz2 Record 4
S4700

Data taken on 28/09/98 at 13:11:09

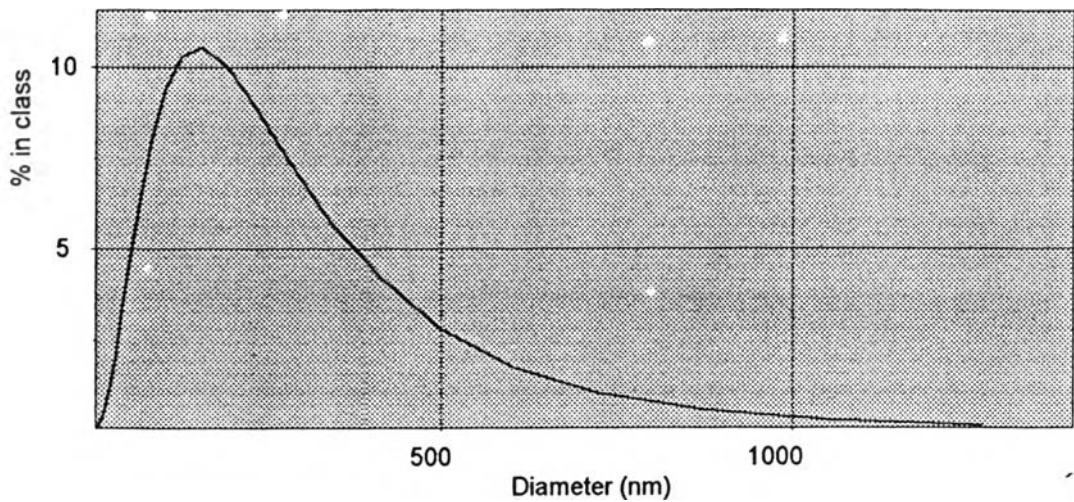
Merit 45.4 % In range 97.8 %

Temperature 30.0 Viscosity 0.798 cP Angle 90.0 deg

RI medium 1.33 RI particle 1.60 + Abs. 0.00

Cumulant Z Ave 159.4 nm Polydispersity 0.498

Size distribution(s)



Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity
17.6	0.1	78.1	6.3	345.4	5.8
21.2	0.2	94.0	8.0	415.9	4.2
25.6	0.4	113.2	9.4	500.9	2.8
30.8	0.7	136.3	10.3	603.3	1.8
37.1	1.2	164.2	10.5	726.5	1.0
44.7	2.1	197.7	10.0	875.0	0.6
53.8	3.2	238.1	9.0	1053.7	0.3
64.8	4.7	286.8	7.4	1269.0	0.1

Peak : Mean 203.0 width 298.6 ,

Analysis Monomodal Fit 0 001481

disperse Blue
Azo dye

File data from C:\AZODYE.sz2 Record 5
S4700

Data taken on 28/09/98 at 13:15:10

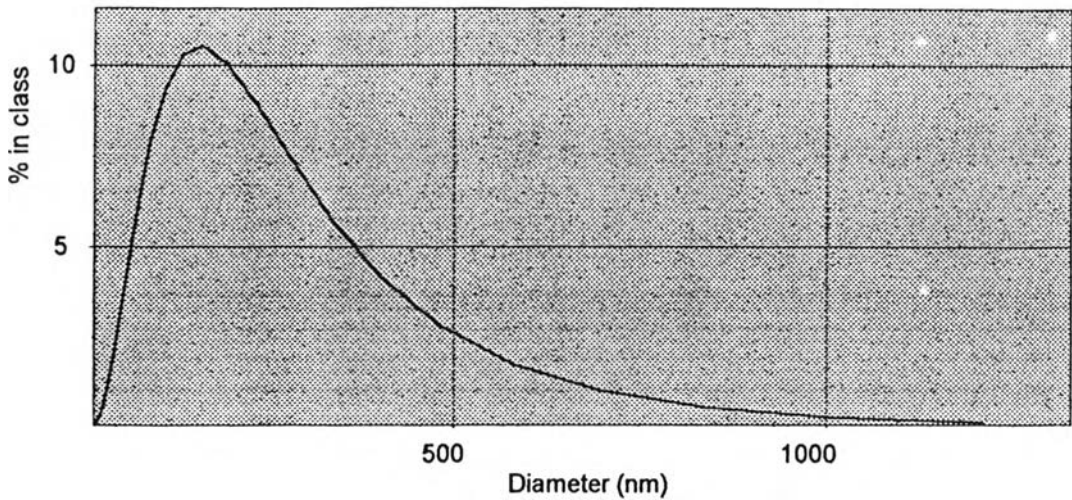
Merit 45.7 % In range 96.8 %

Temperature 30.0 Viscosity 0.798 cP Angle 90.0 deg

RI medium 1.33 RI particle 1.60 + Abs. 0.00

Cumulant Z Ave 156.4 nm Polydispersity 0.483

Size distribution(s)



Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity
17.9	0.1	77.4	6.3	335.1	5.8
21.5	0.2	93.0	8.0	402.5	4.2
25.8	0.4	111.6	9.4	483.4	2.8
31.0	0.7	134.1	10.3	580.5	1.8
37.2	1.2	161.0	10.5	697.3	1.0
44.7	2.1	193.4	10.0	837.4	0.6
53.7	3.2	232.3	9.0	1005.8	0.3
64.4	4.7	279.0	7.4	1208.0	0.1

Peak : Mean 197.7 width 287.6 ,

Analysis Monomodal Fit 0.001447

disperse Blue
Azo dye

File data from C:\AZODYE.sz2 Record 6
S4700

Data taken on 28/09/98 at 13:19:10

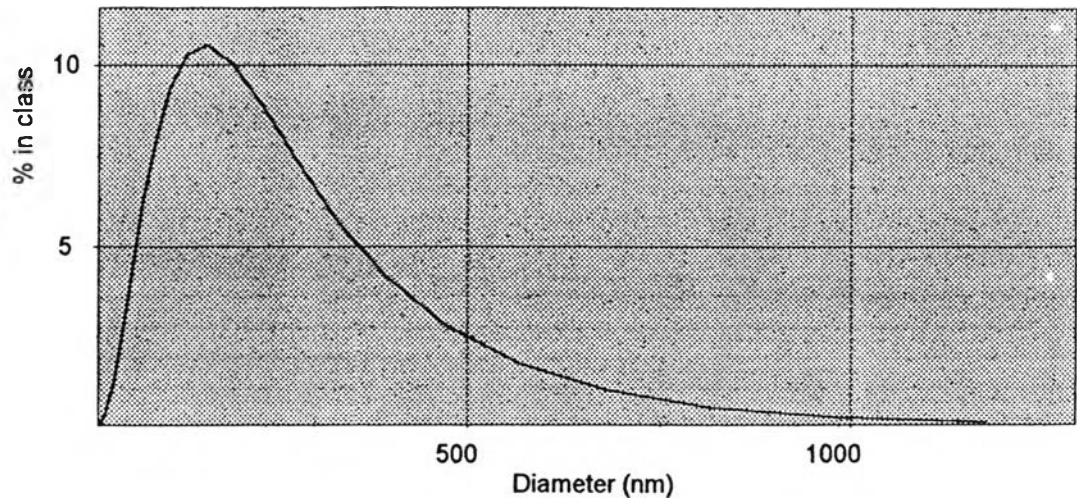
Merit 45.3 % In range 98.8 %

Temperature 30.0 Viscosity 0.798 cP Angle 90.0 deg

RI medium 1.33 RI particle 1.60 + Abs. 0.00

Cumulant Z Ave 153.4 nm Polydispersity 0.479

Size distribution(s)



Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity	Size (nm)	% Intensity
17.7	0.1	76.2	6.3	327.7	5.8
21.3	0.2	91.4	8.0	393.2	4.2
25.5	0.4	109.7	9.4	471.9	2.8
30.6	0.7	131.7	10.3	566.3	1.8
36.7	1.2	158.0	10.5	679.6	1.0
44.1	2.1	189.6	10.0	815.5	0.6
52.9	3.2	227.5	9.0	978.6	0.3
63.5	4.7	273.1	7.4	1174.4	0.1

Peak : Mean 193.5 width 280.6 ,

Analysis Monomodal Fit 0.001659

เทคนิคการวิจัยฝุ่น

ดร.สิริพร โคนคแก้ว

ดร.กุลจิรา สุจิโรจน์

ศูนย์เทคโนโลยี โลหะและวัสดุแห่งชาติ

สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของชิ้นวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำจากสารที่มีลักษณะเป็นผล เช่น ความขุ่น ความแข็งแรง และอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีล้วนมีความสัมพันธ์กับลักษณะเฉพาะ (characteristics) ของอนุภาคผงที่เป็นองค์ประกอบลักษณะเฉพาะที่สำคัญของอนุภาคซึ่งเป็นปัจจัยที่กำหนดความสัมพันธ์ดังกล่าว ได้แก่ รูปร่าง ขนาด และพื้นที่ผิว เป็นต้น การวิเคราะห์หาลักษณะดังกล่าวจึงมีความสำคัญต่อการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีวัสดุ และการผลิตผลิตภัณฑ์ในภาคอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น ในอุตสาหกรรมยา ขนาดของผงยาจะมีผลอย่างยิ่งต่ออัตราการละลายและการดูดซึมของตัวยาซึ่งมีผลโดยตรงต่อปริมาณยาที่จะถูกนำเข้าสู่ร่างกายนั่นเอง ในอุตสาหกรรมอาหาร ขนาดของผงช็อคโกแลตที่เหมาะสมจะให้รสชาติที่ถูกปากผู้บริโภค นอกจากนี้ ขนาดและลักษณะของอนุภาคยังมีผลต่อความมันวาว ความเนียนของสี ความแข็งแรงของพวกถ้วยชามพอร์ซเลน (porcelain) และการแข็งตัวของซีเมนต์ เป็นต้น

ลักษณะเฉพาะของอนุภาคจึงเป็นสิ่งสำคัญเบื้องต้น ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการควบคุมเพื่อปรับปรุงสมบัติและประสิทธิภาพการใช้งานของผลิตภัณฑ์หลายประเภท

เทคนิคการวิเคราะห์หาขนาดของอนุภาค

การวัดขนาดของอนุภาคให้แม่นยำนั้นไม่ใช่เรื่องง่าย อนุภาคของสารชนิดหนึ่งๆ อาจมีรูปร่างและขนาดแตกต่างกัน และอาจมีการกระจายของขนาดอนุภาคค่อนข้างกว้าง เทคนิคการวิเคราะห์แต่ละประเภทอาจให้ผลการวิเคราะห์ขนาดของอนุภาคที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับหลักการที่ใช้ในการตรวจสอบของแต่ละเทคนิค เทคนิคการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคชนิดต่างๆ เช่น

Sieving เทคนิคนี้เป็นวิธีการวัดขนาดอนุภาคที่เก่าแก่ที่สุดและเป็นวิธีที่ง่ายซึ่งทุกคนคุ้นเคยกันดี Sieve มีลักษณะเป็นตะแกรง อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าช่องของตะแกรงก็จะผ่านลอดตะแกรงแยกออกจากอนุภาคขนาดใหญ่ เทคนิคนี้มีจุดด้อยคือ ช้าและผลที่ได้ค่อนข้างไม่แน่นอน เนื่องจากการวัดขนาดในแค่ 2 มิติ ดังนั้น ถ้าอนุภาคมีความยาวของด้านใดด้านหนึ่งเพียง 2 มิติ ที่เล็กพอ

จะลดช่องของตะแกรงได้ ก็จะถูกจัดเป็นพวกที่มีขนาดเดียวกัน ถึงแม้อนุภาคนั้นจะมีรูปร่างต่างๆ กัน เช่น ทรงกลม ทรงกระบอก หรือรูปร่างอื่นๆ ก็ตาม

Electrical sensing zone (coulter principle) เทคนิคนี้ใช้หาขนาดของอนุภาคโดยการวัดการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของสารละลาย อิเล็กโทรไลต์ บริเวณที่เป็นที่ตรวจวัดความต้านทานหรือ sensing zone จะมีลักษณะเป็นช่องแคบๆ อยู่ระหว่างขั้วอิเล็กโทรด เมื่ออนุภาคที่ไม่มีสมบัติในการนำไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านช่องแคบนี้ จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะเป็นสัดส่วนกับปริมาตรของอนุภาคที่เข้าไปแทนที่อิเล็กโทรไลต์ หรือขนาดของอนุภาคนั้นเอง

Sedimentation เทคนิคนี้ใช้หลักการตกตะกอนในการหาขนาดอนุภาค วิธีนี้จะช้ามาก โดยเฉพาะถ้าอนุภาคมีขนาดเล็ก

นอกจากเทคนิคที่กล่าวมาแล้วยังมีเทคนิคอื่นๆ ในการวิเคราะห์ขนาดของอนุภาคอีก เช่น photon correlation spectroscopy และ laser diffraction เป็นต้น ซึ่งเทคนิคทั้งสองแบบนี้ให้ผลการวัดที่รวดเร็วเพราะใช้ปรากฏการณ์การกระเจิงของแสงเป็นตัวให้ข้อมูลของอนุภาค และจะกล่าวถึงโดยละเอียดในบทความนี้

Photon Correlation Spectroscopy (PCS) เทคนิคนี้รู้จักกันในชื่อของ Dynamic Light Scattering หรือ Quasi-Elastic Light Scattering เป็นเทคนิคที่ใช้วัดขนาดของอนุภาคที่กระจายตัวอยู่ในของเหลว เช่น คอลลอยด์ เทคนิค light scattering ได้มีการศึกษานานมาแล้ว เริ่มตั้งแต่การค้นพบทฤษฎีการกระเจิงของแสง โดย Lord Rayleigh ตั้งแต่ศตวรรษที่ 19 แต่ในขณะนั้นยังมีข้อจำกัดทางด้านเทคโนโลยี จนกระทั่งได้มีการนำเลเซอร์ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มีความเข้มสูงมาใช้ เทคนิคนี้จึงเริ่มมีการใช้อย่างแพร่หลายทั้งในงานวิจัยและในภาคอุตสาหกรรม

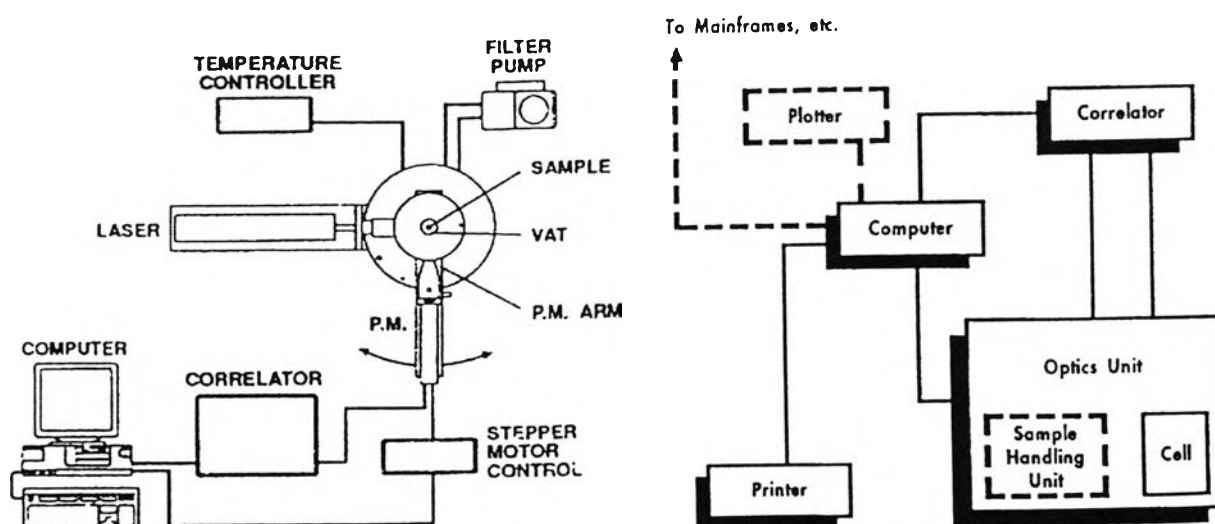
เครื่องที่ทางศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติมีคือ Malvern 4700 และ Zetasizer 4 ซึ่งทั้ง 2 เครื่องจะใช้หลักการเดียวกัน คือ หาค่า translational diffusion coefficient (D) ของอนุภาค ซึ่งสัมพันธ์กับขนาดของอนุภาค (r) ตาม Stokes-Einstein relation

$$D = kT / (6\pi\eta r)$$

โดยที่ T คืออุณหภูมิองศาเคลวิน η คือค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดของตัวทำละลาย และ k คือค่าคงที่ของโบลทซ์มานน์ (Boltzman constant)

อนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในของเหลวจะมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลาแบบบราวเนียน (Brownian) ซึ่งเป็น การเคลื่อนที่แบบไร้ระเบียบ (random motion) การเคลื่อนที่นี้จะส่งผลให้ความเข้มของแสงที่ กระจ่างจากอนุภาคที่เวลาต่างกันเปลี่ยนแปลง (fluctuation) อัตราการเปลี่ยนแปลงจะเป็นสัดส่วน ผกผันกับขนาดของอนุภาค อนุภาคขนาดใหญ่ (ซึ่งมีค่า D น้อย) จะเคลื่อนที่ช้ากว่าอนุภาคขนาดเล็ก (ซึ่งมีค่า D มากกว่า) ดังนั้น อัตราการเปลี่ยนแปลงของแสงที่กระจ่างจะช้ากว่าสัญญาณที่ได้จากการ วัดความเข้มแสงในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ระดับหนึ่งในล้านของวินาที (microseconds) ซึ่งจะบอกถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสง จะถูกส่งไปยัง Correlator เพื่อนำไปคำนวณหาค่า translational diffusion coefficient และหาขนาดอนุภาคเป็นลำดับต่อไป

เครื่อง Malvern 4700 ใช้ Argon ion laser เป็นแหล่งกำเนิดแสง โดยให้แสงสีฟ้าที่มีความยาว คลื่น 488 nm สามารถวัดขนาดอนุภาคได้ในช่วง 1-1000 nm สารตัวอย่างจะบรรจุอยู่ในเซลล์ ล้อมรอบด้วยของเหลวซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิได้โดยตัวควบคุมอุณหภูมิ (temperature controller) ให้มีอุณหภูมิเหมาะสมตามความต้องการได้ มีปั๊มกรอง (filter pump) ซึ่งจะทำหน้าที่ใน การกรองฝุ่นหรือสิ่งสกปรกที่อยู่ในของเหลวออก แสงที่กระจ่างจากอนุภาคจะถูกตรวจวัดโดยใช้ photomultiplier tube (PMT) ซึ่งจะวางอยู่บน goniometer มีลักษณะเป็นแท่นทรงกลม ที่สามารถ หมุนทำมุมต่างๆ ได้โดยมีตัวควบคุมสเต็ปมอเตอร์ (stepper motor controller) และคอมพิวเตอร์เป็น ตัวควบคุมสเต็ปมอเตอร์



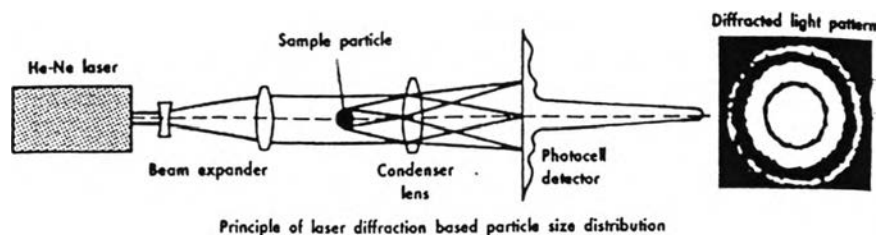
ภาพที่ 1 แสดงแผนผังของเครื่อง Malvern 4700 และ Zetasizer 4

เครื่อง Zetasizer 4 มีแผนผังคล้ายกับเครื่อง Malvern 4700 แต่ใช้ He-Ne laser เป็นแหล่งกำเนิดแสงโดยให้แสงสีแดงที่มีความยาวคลื่น 633 nm ซึ่งเหมาะใช้ในการหาอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ขึ้นในช่วง 50-5000 nm สารตัวอย่างจะบรรจุอยู่ใน capillary เล็กๆ ล้อมรอบด้วยของเหลวเช่นกัน PMT ของเครื่อง Zetasizer 4 จะตั้งทำมุม 90 องศา กับ capillary ซึ่งต่างทำการวัดขนาดอนุภาคที่มุมกระเจิงต่างๆ ได้ การวิเคราะห์หาขนาดอนุภาคโดยใช้เทคนิค PCS นี้ สามารถใช้หาขนาดของอนุภาคในระดับเล็กกว่าไมครอนได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้ก็มีข้อจำกัดที่ความเข้มข้นของสารตัวอย่างต้องไม่สูงหรือต่ำจนเกินไป ความเข้มข้นที่สูงไปจะทำให้เกิดการกระเจิงซ้ำหลายครั้ง (multiple scattering) ในขณะที่ความเข้มข้นต่ำมากจะมีผลต่อสัญญาณ (signal/noise) ที่ตรวจวัดได้นอกจากนี้เทคนิคนี้ยังต้องการความสะอาดสูง ดังนั้น ขั้นตอนที่ยากที่สุดก็คือ การเตรียมสารตัวอย่างที่จะต้องสะอาดไม่มีฝุ่นหรือสิ่งสกปรก เพื่อให้แสงที่กระเจิงจากอนุภาคของสารตัวอย่าง ไม่ถูกรบกวนโดยแสงที่กระเจิงจากอนุภาคของฝุ่น

Laser Diffraction การวัดขนาดและการกระจายขนาดอนุภาคโดยเทคนิคนี้ใช้ปรากฏการณ์การกระเจิงของแสงเช่นเดียวกับเทคนิค PCS แต่มีความแตกต่างตรงที่ว่าผงตัวอย่างจะหมุนเวียนผ่าน flow cell ซึ่งทำให้การกระจายตัวของขนาดอนุภาคอย่างสม่ำเสมอและทำให้การสุ่มตัวอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทางศูนย์ฯ มีเครื่องรุ่น Mastersizer S ไว้บริการซึ่งสามารถหาขนาดอนุภาคได้ในช่วงกว้าง 0.05-900 ไมครอน อนุภาคที่จะวัดขนาดอาจอยู่ในรูปของผง คอลลอยด์หรือสารแขวนลอย

เซลล์ที่ใช้ใส่สารตัวอย่างจะเป็น flow cell ซึ่งสามารถเลือกต่อกับอุปกรณ์ประกอบได้ 3 แบบ ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสารตัวอย่างได้แก่ (1) Dry feeder ใช้กับพวกผงต่างๆ ที่ทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็ว เช่น ซีเมนต์ หรือ ผงโพลีเมอร์คูลน้ำ เป็นต้น มีปั๊มซึ่งจะทำหน้าที่ผ่านผงเหล่านั้นเข้าไปในเซลล์ (2) Suspension unit ขนาดเล็ก เหมาะสำหรับสารตัวอย่างที่มีปริมาณน้อยซึ่งสามารถกระจายตัวในของเหลวที่มีปริมาตรประมาณ 50-100 มิลลิลิตร มีตัวกวน (stirrer) ซึ่งช่วยให้อนุภาคกระจายตัวก่อนที่จะถูกดูดผ่านไปยังเซลล์ และ (3) Suspension unit ขนาดใหญ่เหมาะสำหรับตัวอย่างที่มีปริมาณมากขึ้น ซึ่งกระจายตัวอยู่ในของเหลวประมาณ 1 ลิตร มีตัวกวน พร้อมด้วยระบบอัลตราโซนิค ซึ่งช่วยให้อนุภาคกระจายตัวในของเหลวได้ดียิ่งขึ้น

ภาพที่ 2 เป็นแผนผังเครื่อง Mastersizer S ซึ่งประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ He-Ne ion laser ให้แสงเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่น 633 nm เมื่อผ่านแสงนี้ไปยังเซลล์ที่บรรจุสารละลายอยู่จะเกิดการกระเจิงของแสงหลักการหาขนาดของอนุภาค โดยเทคนิค laser diffraction คือ การที่รูปแบบ



ภาพที่ 2 แสดงแผนผังของเครื่อง Mastersizer S

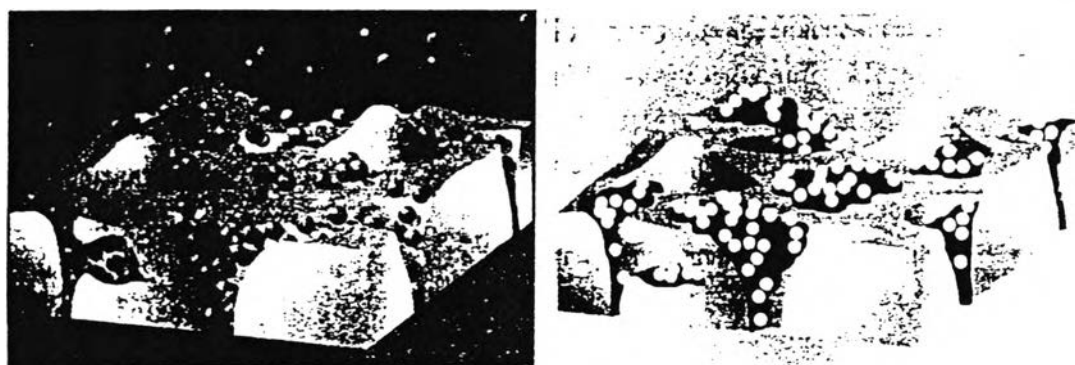
ของแสงที่กระเจิงจากอนุภาคจะให้ลักษณะที่เฉพาะต่ออนุภาคขนาดหนึ่งๆ โดยจะมีความเข้มของแสงสูงที่มุมใดมุมหนึ่งอนุภาคขนาดเล็กจะให้มุมกระเจิงที่ใหญ่กว่าอนุภาคขนาดใหญ่ ถ้าแสงที่ถูกกระเจิงโดยอนุภาคจะถูกส่งจะถูกส่งผ่านไปยังเลนส์รวมแสง ทำให้เกิดภาพปรากฏที่ photocell detector ซึ่งวางอยู่บนระนาบที่ตั้งฉากกับทางเดินของแสงที่จุดโฟกัส รูปแบบการเลี้ยวเบนที่ได้จะมีลักษณะเป็นวงมืด/สว่างที่มีความสัมพันธ์กับการกระจายขนาดอนุภาค เลนส์ที่ใช้ในการรวมแสงได้ถูกออกแบบให้มีสมบัติพิเศษ นั่นคือ ไม่ว่าอนุภาคขนาดเดียวกันที่ก่อให้เกิดการกระเจิงนั้นจะอยู่บริเวณใดในลำแสงเลเซอร์รูปแบบการเลี้ยวเบนจะคงที่และมีจุดศูนย์กลางอยู่บนแกนออฟติกของเลนส์เสมอ หรืออีกนัยหนึ่ง คือการเคลื่อนไหวของอนุภาคไม่มี ผลต่อรูปแบบการเลี้ยวเบน (ยกเว้นกรณีที่มีความเร็วของอนุภาคสูงมาก)

เทคนิคการวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวของอนุภาค

นอกจากขนาดอนุภาคแล้ว พื้นที่ผิว ความหนาแน่นและความพรุน ก็เป็นค่าดัชนีที่มีประโยชน์มากในการศึกษาพฤติกรรมของผงวัสดุในระหว่างการผลิตและในการศึกษาสมบัติทางกลและทางความร้อนต่างๆ ตัวอย่างเช่น พื้นที่ผิวจะช่วยให้เกิดความเข้าใจพฤติกรรมการอบสั่น (sintering behaviour) และปริมาณปฏิกิริยาที่จะเกิดขึ้นในซีเมนต์หรือที่เกิดจากตัวเร่งปฏิกิริยา ความพรุนก็เป็นตัวกำหนดสมบัติทางกล เช่น ความแข็งแรง (strength) ความต้านทานการกัดกร่อน (corrosion) ความต้านทานความเครียดเนื่องจากอุณหภูมิ (thermal stress resistance) เป็นต้น และความหนาแน่นช่วยในการแยกแยะวัสดุชนิดต่างๆ และช่วยในการคำนวณความพรุนที่ไม่เปิดสู่ผิว ค่าเหล่านี้สามารถหาได้จากหลายวิธี ในกรณีของพื้นที่ผิวอาจหาได้โดยการคำนวณจากค่าที่ได้จากการวัดการกระจายขนาดอนุภาคโดยใช้เทคนิคข้างต้นแล้วสมมติว่าทุกอนุภาคมีรูปร่างเป็นทรงกลม แต่วิธีนี้จะให้ค่าพื้นที่ผิวที่น้อยกว่าค่าจริงมากเพราะไม่สนใจรูปร่างลักษณะของอนุภาคตามความเป็น

จริง วิธีที่นิยมใช้มากได้แก่ gas adsorption method, permeametry, pycnometry, และ mercury porosimetry ซึ่งในบทความนี้จะขอกล่าวถึงเทคนิค gas adsorption method เท่านั้น

Gas adsorption เทคนิคนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Brunauer-Emmet-Teller (BET) method หลักการของ gas adsorption คือ เมื่อให้ก๊าซสัมผัสกับพื้นผิวที่สะอาดโมเลกุลของก๊าซจะเรียงตัวบนผิวเป็นชั้นต่อเนื่องกัน ไปจากแรง Van de Waal เรียกว่า physisorption แต่ถ้าโมเลกุลก๊าซเกิดปฏิกิริยากับ active sites บนพื้นผิว เรียกว่าเกิด chemisorption (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 หลักการ gas adsorption (a) physisorption, (b) chemisorption

Brunauer, Emmet และ Teller ได้สร้างแบบจำลองที่สภาวะสมดุลระหว่างก๊าซในบรรยากาศที่ adsorbed อยู่บนผิวเป็นชั้นๆ ถ้าสมมติว่าชั้น โมเลกุลก๊าซตั้งแต่ชั้นที่ 2 ขึ้นไป มีสมบัติเช่นเดียวกับของเหลว การวัดค่าความแตกต่างความดันก๊าซในท่อที่บรรจุสารตัวอย่างซึ่งค่าความดันก๊าซขึ้นอยู่กับอัตราที่ก๊าซสามารถจับ (adsorb) บนผิวสารตัวอย่างเทียบกับท่ออ้างอิง ซึ่งได้รับการควบคุมให้ความดันเท่ากับสารตัวอย่าง จะทำให้สามารถคำนวณปริมาณก๊าซ 1 ชั้นโมเลกุล (V_m) ได้จาก adsorption isotherm ซึ่งหาจาก series ของปริมาตรของก๊าซที่วัดได้ (V) เป็นฟังก์ชันของความดัน (p) จากค่าเหล่านี้สามารถคำนวณค่า V_m ได้โดยใช้ความสัมพันธ์

$$p / (V(p_0 - p)) = 1 / (V_m C) + [(c-1)p] / V_m C p_0$$

เมื่อ p_0 คือค่าความดันก๊าซที่ adsorbed temperature และ C เป็นค่าคงที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของก๊าซที่ใช้ พื้นผิวทั้งหมด (S) สามารถหาได้จาก

$$S = V_m N_A A / M$$

เมื่อ N_A คือ Avogadro's number, A คือ พื้นที่หน้าตัดของโมเลกุลก๊าซ และ M คือน้ำหนักโมเลกุล โดยทั่วไปมักจะใช้ในโครเจนซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดที่ boiling point ประมาณ 0.162 nm การวัดพื้นที่ผิวให้มีความถูกต้องและสามารถวัดค่าซ้ำได้จะต้องใช้สารตัวอย่างบางเบา ดังนั้นจึงมักใช้ในโครเจนหรือก๊าซเฉื่อย

ศูนย์ฯ จะมีเครื่องมือไว้สำหรับการบริการ 2 แบบคือ Autosorp-1 สำหรับการวิเคราะห์ physisorption และ Chembet-3000 สำหรับการวิเคราะห์ chemisorption

สรุป

จะเห็นได้ว่าเทคนิคการวิจัย “ฝุ่น” มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีก็จะให้ข้อมูล และมีจุดเด่นและจุดด้อยแตกต่างกันไป บางเทคนิคสามารถหาขนาดอนุภาคได้เพียงในระดับไมครอน ในขณะที่บางเทคนิคสามารถหาขนาดอนุภาคพื้นที่ผิวมากกว่าการหาขนาด การจะเลือกใช้เทคนิคไหนจะต้องคำนึงว่าเราต้องการทราบข้อมูลอะไร จุดประสงค์ในการวิเคราะห์คืออะไร เพราะสิ่งที่เราต้องการอาจไม่ใช่เพียงแค่ขนาดอนุภาค แต่อาจเป็นสมบัติของสารหรือวัสดุที่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการผลิตหรือการใช้งานต่อไป

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติของเมมเบรนอัลตราฟิลเตรชัน

ตารางที่ ๑-1 แสดงคุณสมบัติของเมมเบรนอัลตราฟิลเตรชันชนิด RC70PP

TYPE	MWCO	H ₂ O FLUX	RECOMMENDED OPERATING LIMITS ¹⁾				
	MW	L/M ² /H	pH	°C	°F	BAR	PSI
CA 600 PP	20.000	150-215	2-8	0-50	32-122	0-10	0-145
GR 40 PP	100.000	300-600	1-13	0-75	32-167	0-10	0-145
GR 51 PP	50.000	275-625	1-13	0-75	32-167	0-10	0-145
GR 60 PP	25.000	250-450	1-13	0-75	32-167	0-10	0-145
GR 61 PP	20.000	275-475	1-13	0-75	32-167	0-10	0-145
GR 81 PP	10.000	100-325	1-13	0-75	32-167	0-10	0-145
GR 90 PP	5.000	50-250	1-13	0-75	32-167	0-10	0-145
GR 95 PP	1.000		1-13	0-75	32-167	0-10	0-145
FS 40 PP	100.000	300-800	1-11	0-60	32-140	0-10	0-145
FS 50 PP	50.000	300-700	1-11	0-60	32-140	0-15	0-217,5
FS 61 PP	20.000	300-600	1-11	0-60	32-140	0-15	0-217,5
FS 81 PP	10.000	200-500	1-11	0-60	32-140	0-15	0-217,5
RC 70 PP	10.000	150-250	1-10	0-60	32-140	0-10	0-145
ETNA 20 A	20.000	250-450	1-11	0-60	32-140	0-15	0-217,5
ETNA 10 A	10.000	100-300	1-11	0-60	32-140	0-15	0-217,5
ETNA 01 A	2.000	50-125	1-11	0-60	32-140	0-20	0-290
HEKLA 20 A	20.000	200-400	1-11	0-60	32-140	0-15	0-217,5
HEKLA 10 A	10.000	100-300	1-11	0-60	32-140	0-15	0-217,5
HEKLA 01 A	2.000	50-150	1-11	0-60	32-140	0-20	0-290

CA: Cellulose acetate GR: Polysulphone RC: Regenerated cellulose FS: Fluoropolymer ETNA: Coated Hydrophilic

HEKLA: Coated Hydrophilic PP: Polypropylene FS: Fluoro Polymer

ตารางที่ ๒- ชนิดของสารเคมีและความเข้มข้นที่ใช้ทำความสะอาดเมมเบรนอัลตราฟิลเตรชันชนิด RC70PP

MEMBRANE TYPE		CA	NF45	HR	GR	GRM	FS	FSM	RC	ETNA	HEKLA
Cleaning and short disinfection											
Temperature	°C	0 - 35	0 - 60	0 - 60	0 - 75	0 - 75	0 - 65	0 - 65	0 - 60	0 - 65	0 - 65
Pressure	bar/Psi	10/145	15/217.5	15/217.5	10/145	10/145	10/145	10/145	10/145	10/145	10/145
pH		2 - 8.5	1 - 11.5	1 - 12.5	1 - 13	1 - 13	1 - 11.5	1 - 11.5	1 - 11.5	1 - 11.5	1 - 11.5
NaOH ¹	%	-	-	0.2 - 0.3	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0	0.1 - 0.2	0.1 - 0.2	-	0.1 - 0.2	0.1 - 0.2
EDTA NA4 ²	%	0.5 - 1.0	0.2 - 0.3	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0	0.3 - 0.5	0.3 - 0.5	0.2 - 0.3	0.3 - 0.5	0.3 - 0.5
Strong mineral acid ²	%	-	0.3 - 0.5	0.3 - 0.5	0.3 - 0.5	0.3 - 0.5	0.3 - 0.5	0.3 - 0.5	0.3 - 0.5	0.3 - 0.5	0.3 - 0.5
Citric acid ²	%	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0
Chlorine	ppm	20 ⁴	0	0	200 ³	200 ³	1000 ³	1000 ³	20 ³	20 ³	20 ³
Hydrogen peroxide or Peracetic acid	ppm	1000 ⁴	500 ³	500 ³	1000 ³	1000 ³	1000 ³	1000 ³	1000 ³	1000 ³	1000 ³
Water 80°C		-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Storage (room temperature)											
Formaldehyde	ppm	5000	5000 ⁴	5000 ⁴	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Sodium hydrogen sulphite	ppm	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500

¹ pH-buffers dominate, so these concentrations should be adjusted to the right pH.

² Max. temperature 35°C (95°F).

³ Max. temperature 25°C (77°F).

⁴ To be used once a week at 25°C (77°F).

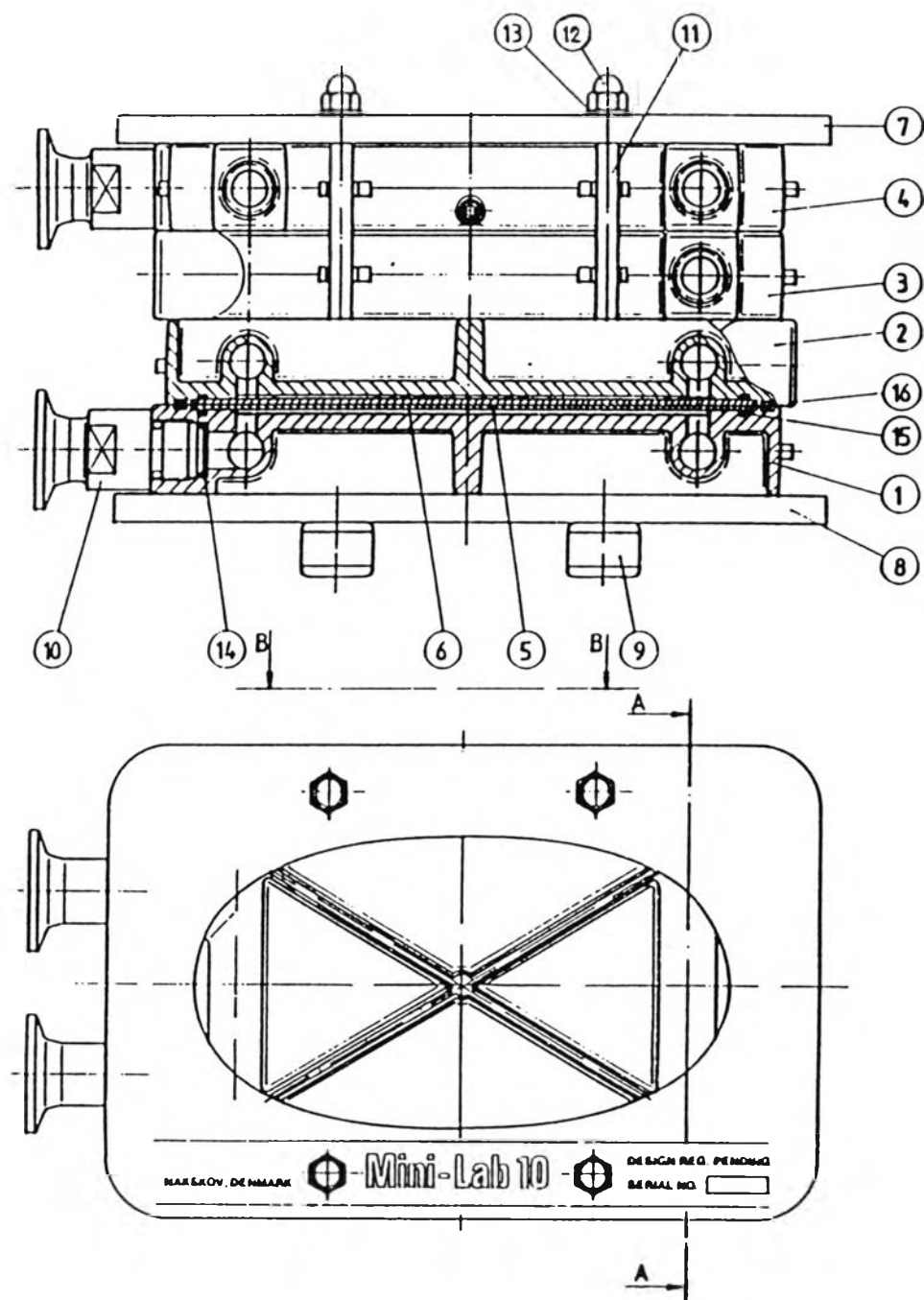
⁵ Not to be used during first 24 hours of operation.

Antifoaming agents should be avoided. If necessary please contact Dow Europe Separation Systems.

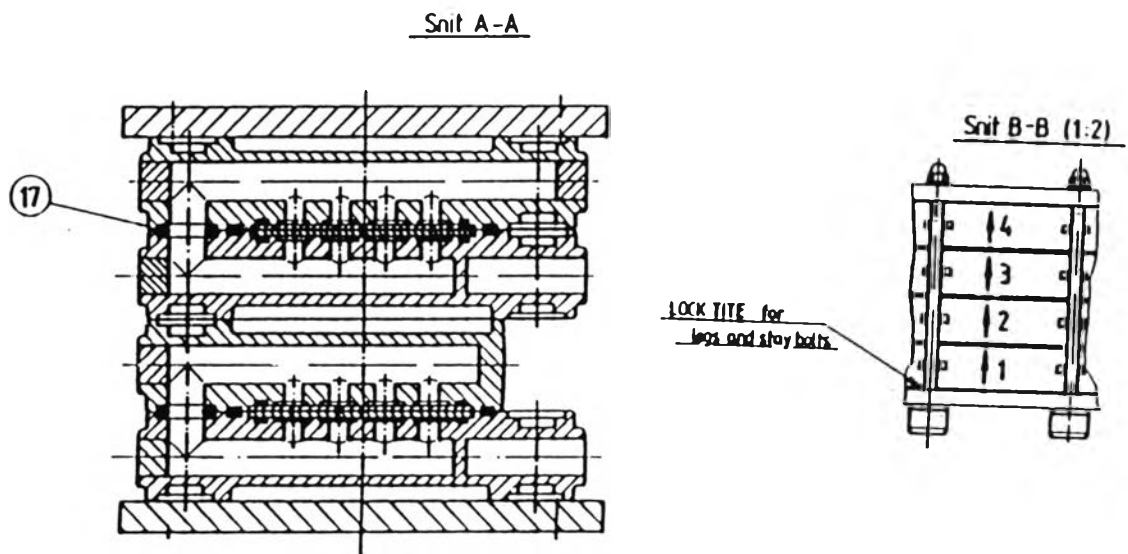
ตารางที่ ๓- การนำเมมเบรนชนิดต่างๆ ไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ

MEMBRANE TYPE		CA	NF45	HR	GR	GRM	FS	FSM	RC	ETNA	HEKLA
APPLICATION											
Water treatment		•		•							
Cellulose pulping effluents					•		•				
Dairy			•	•	•					•	•
Antibiotics		•	•	•	•		•		•	•	•
Polysaccharides (incl. gelatin)					•						
Enzymes		•			•					•	•
Proteins (e.g. blood and egg)			•	•	•		•		•	•	•
Beverage		•	•	•	•		•				
Insulin		•	•								•
Oil emulsion							•		•	•	
Stick water					•						
Clarification					•	•	•	•			
Tank bottoms						•		•			

ภาคผนวก ก
ภาพแสดงระบบโมดูล Mini Lab-10

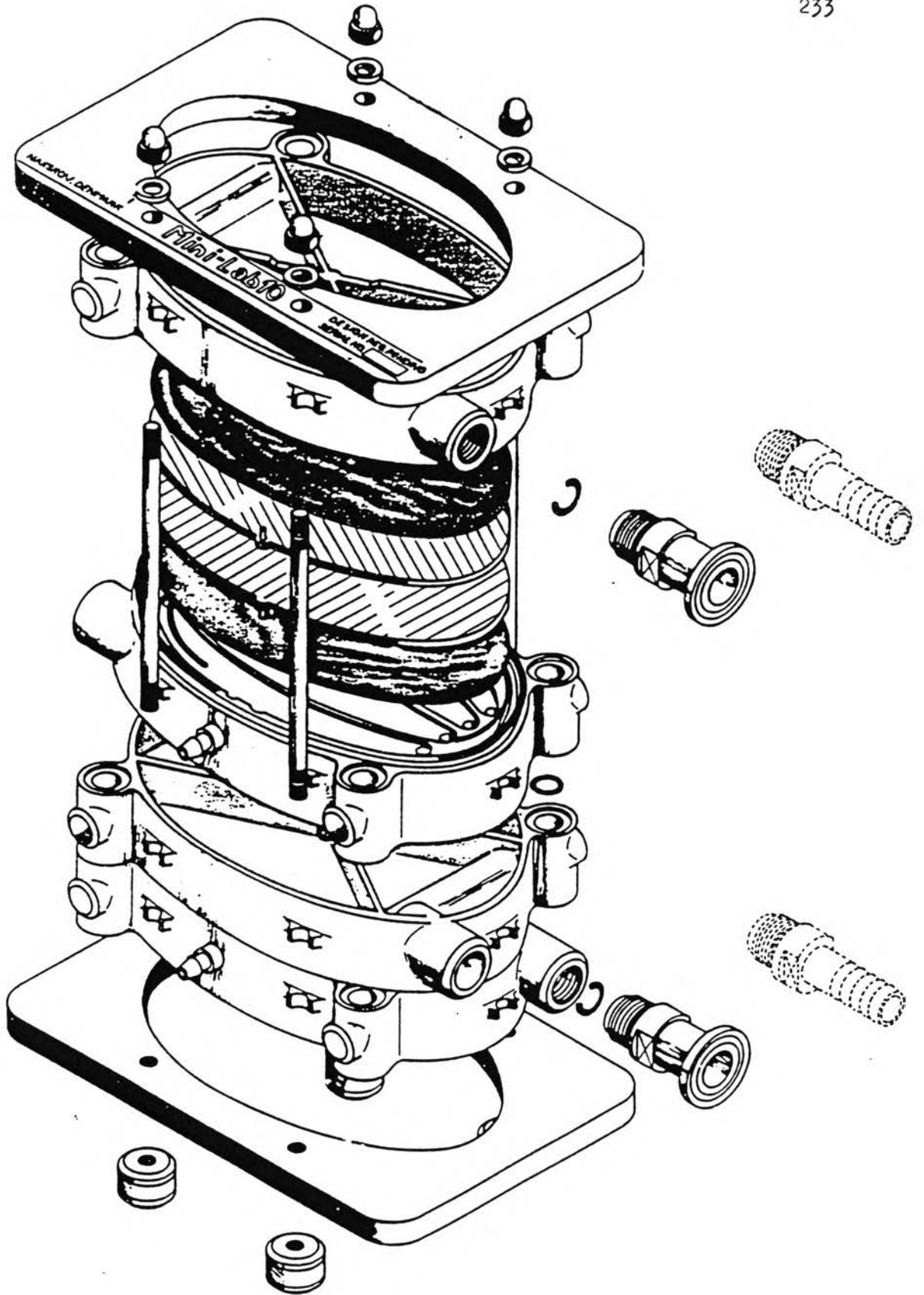


รูปที่ ๑-1 ส่วนประกอบของโมดูล Mini Lab-10

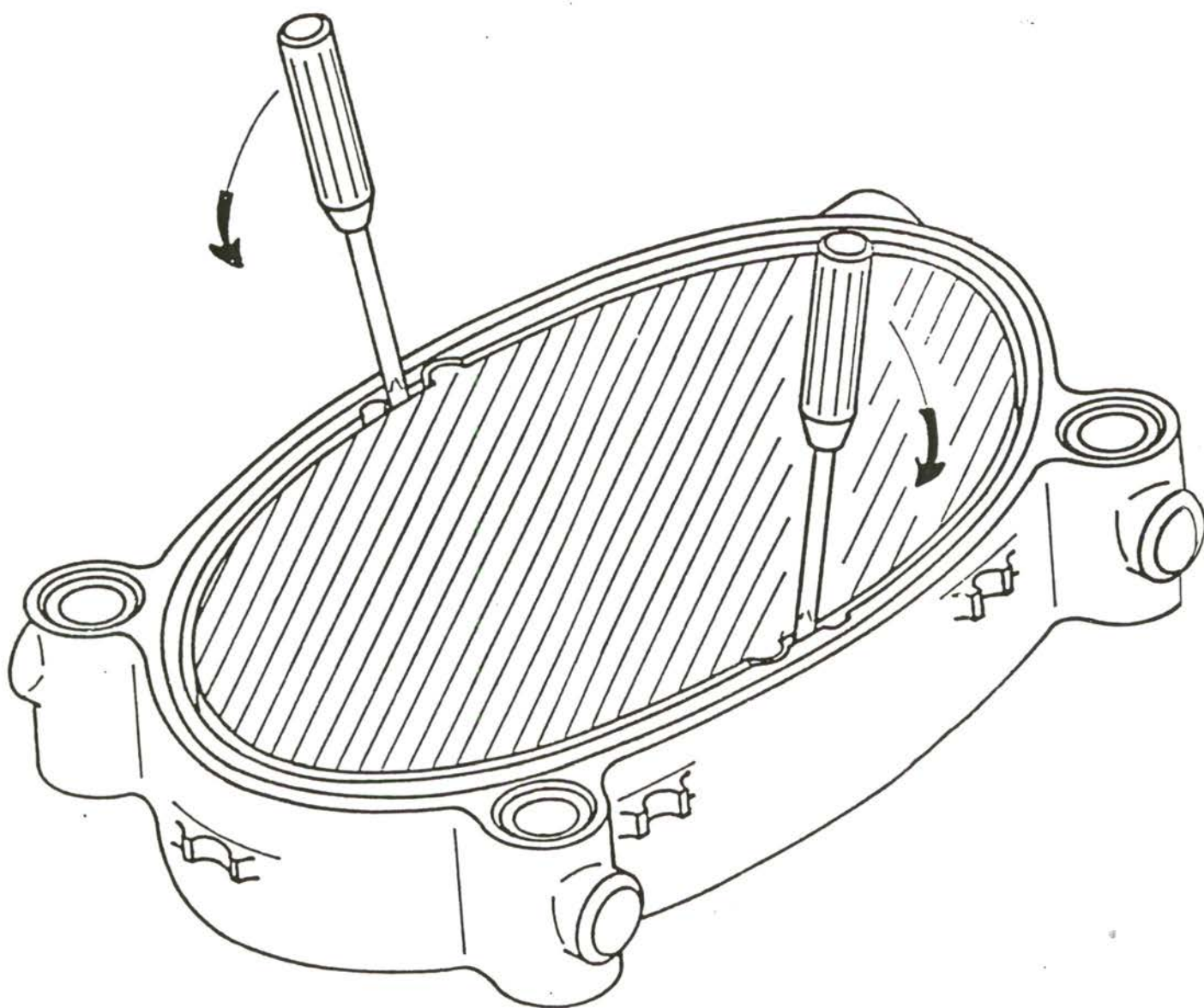


- 1.Spacer plate M10
- 2.Spacer plate M10
- 3.Spacer plate M10
- 4.Spacer plate M10
- 5.Support plate M10
- 6.Support plate M10
- 7.End flange top M10
- 8.End flange bottom M10
- 9.Vibration damper AD 2015 white
- 10.Clamp reducer 17-3/8" BSP
- 11.Stay bolt M10
- 12.Cap nut M6
- 13.Washer M6
- 14.O-Ring $\varnothing 10$, 3*2, 4
- 15.O-Ring $\varnothing 121$, 5*1, 8
- 16.O-Ring $\varnothing 134$, 2*2, 4
- 17.O-Ring $\varnothing 11$, 3*2, 4

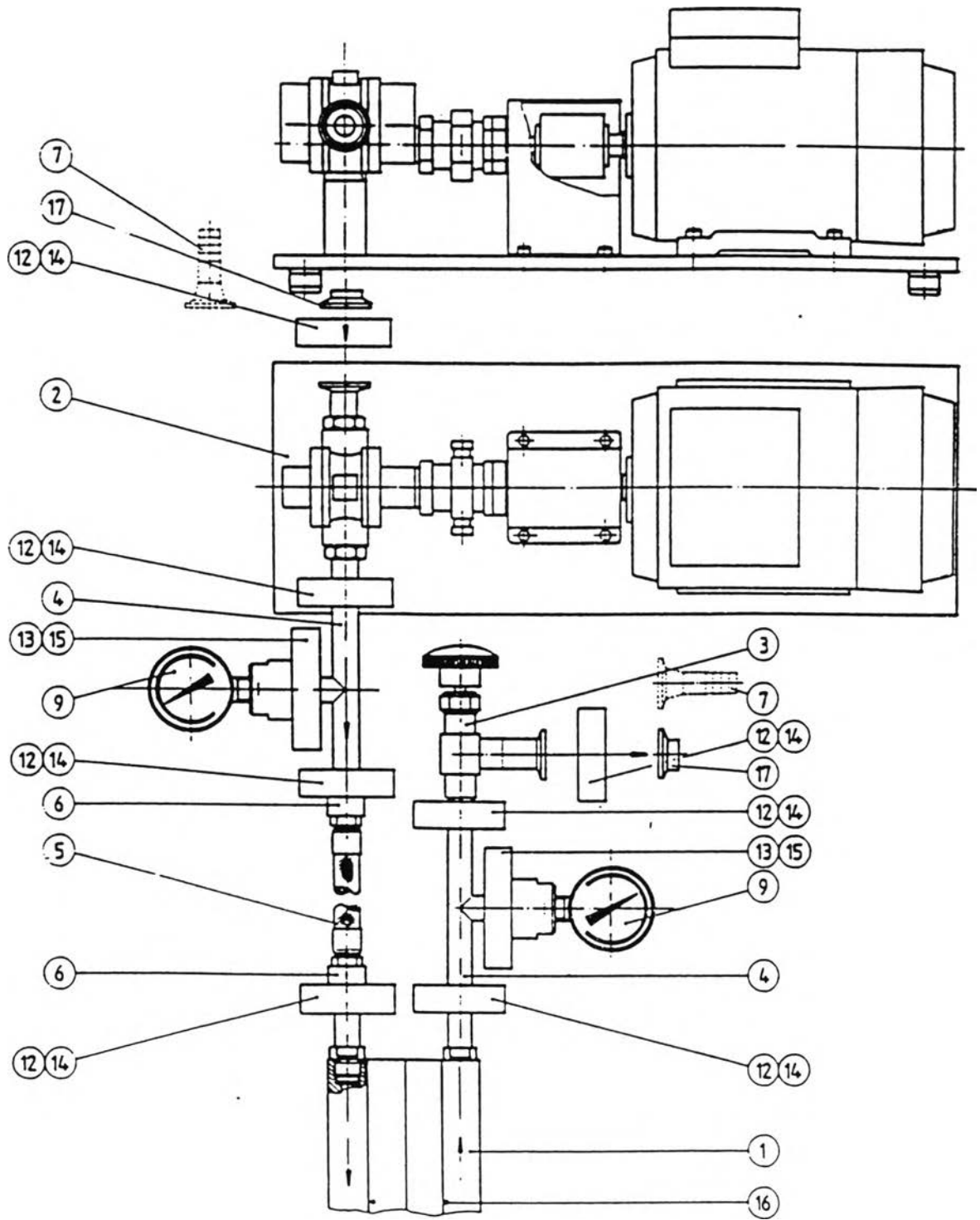
รูปที่ ๑-1 (ต่อ) ส่วนประกอบของ โมดูล Mini Lab-10



รูปที่ ๓-๒ แสดงขั้นตอนการประกอบ โมดูล Mini Lab-10



รูปที่ ๓-3 แสดง Spacer Plate M10 และ Support Plate M10



รูปที่ ๓-๔ แสดงขั้นตอนการประกอบ โมดูล M10 เข้ากับปั๊มและ Pressure Gauge

- 1.Lab 10-336CM2 Module-Sanitary-17 Clamp
- 2.Lab 10 pump unit
- 3.Valve whitey SS-1VF4-A
- 4.Pipe 2353
- 5.Hose $\frac{1}{4}$ " $\frac{1}{4}$ " BSPMALE*650Silicon steelarm
- 6.Clamp reducer 17- $\frac{1}{4}$ "BSP
- 7.Hose connection $\frac{1}{2}$ "* \varnothing 17Clamp
- 9.Pressure gauge 6 bar
- 12.Clamp assembly \varnothing 17
- 13.Clamp assembly \varnothing 38
- 14.Clamp gasket 17
- 15.Clamp gasket 38
- 16.Permeate hose M38H/35
- 17.Clamp end ferrule 17-17*1

รูปที่ ๓-4 (ต่อ) แสดงขั้นตอนการประกอบ โมดูล M10 เข้ากับปั๊มและ Pressure Gauge

ประวัติผู้เขียน

นางสาวนริษญา กวีนันทวงศ์ รหัส 3970769121 เกิดที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนสาธิตน้ำผึ้ง และสำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2538 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีพุทธศักราช 2539