



## รายการอ้างอิง

1. Belfort, G., Fluid Mechanics in Membrane Filtration : Recent Developments.  
J.Memb.Sci. 40(1989) : 123-147.
2. Vaks, B., Mory, Y., Pederson, J. u. and Horovitz, O., A Semi-Continuous Process for the Production of Human Interferon- $\alpha$ C form E.coli Using Tangential Flow Microfiltration and Immuno-Affinity Chromatography. Biotechnol.Lett. Vol.6 No.10. (1984) : 621-626.
3. Fick, M Continuous Cultures of Clostridium acetobutylicum for the Production of Acetone-Butanol. Biotechnol. Lett. 7(1995) : 503-508
4. Pierrot, P., Fick, M. and Engasser, J. M. Continuous Acetone-Butanol Fermentation with High Productivity by Cell Ultrafiltration and Recycling. Biotechnol. Lett. vol.8 No.4 (1986) : 253-256
5. Prescott, S.C. and Dunn, C.G. The Production of Lactic Acid by Fermentation.  
Industrial Microbiology, McGraw-Hill Book Company. (1959) : 304-331
6. Patrick, B., Corre, C and Terre, S. Continuous Lactic Acid Fermentation with Concentrated Product Recovery by Ultrafiltration and Eletrodialysis  
Biotechnol.Lett. Vol.9 No. 3 (1987) : 207-212
7. Blance, P. and Goma, G. Propionic Acid and Biomass Production Using Continuous Ultrafiltration Fermentation of Whey. Biotechnol. Lett. Vol.11 No.3 (1989) : 189-194

8. Richard, J. Lahiere., Ceramic Membrane Treatment of Petrochemical Wastewater.  
Environmental Prog. Vol. 12 No.2 (1993) : 749-752
9. Cabral, J.M.S., Casale, B. and Cooney, C.L., Effect of Antifoam Agent and Efficiency of Cleaning Procedures on the Cross-Flow Filtration of Microbial Suspension.  
Biotechnol. Lett. Vol. 7 No. 2 (1993) : 749-752
10. Tobler, W., Principle and Application of Shear Filtration in an Annular Gap.  
Filtech.Conference (1981) : 137-145
11. Rebsamen, E., Goldingner, W., Scheirer, W. and Merten , O. W., Use of a Dynamic Filtration Method for Separation of Animal Cells. Sulzer Technical Review 3(1986) : 10-12
12. Van Hamet, P.A. and Tiesjema, R.H. Safety Aspects of Closed-System Filtration and Ultrafiltration in Vaccine Production. Swiss Biotech. 5(1987) : 13-18
13. Vigo, F. and Uliana. C., Influence of the Vorticity at the Membrane Surface on the Performances of the Ultrafiltration Rotating Module. Sep. Sci. Technol. 21(4) (1986) : 367-381.
14. Kroner, K.H. and Nissinen, V., Dynamic Filtration of Microbial Suspensions Using an Auxillary Rotating Filter. J. Mem. Sci. 36(1988) : 85-100
15. Holeschovsky, U.B. and Cooney, C.L., Quantitative Description of Ultrafiltration in a Rotating Filtration Device. AIChE. J. Vol. 37 No. 8 (1991) : 1219-1226
16. Nakano, K., Matsumra, M and Kataoka, H., Application of a Rotating Ceramic Membrane to Dense Cell Culture. J. Ferment. Bioeng. Vol 76 No1 (1993) :49-54

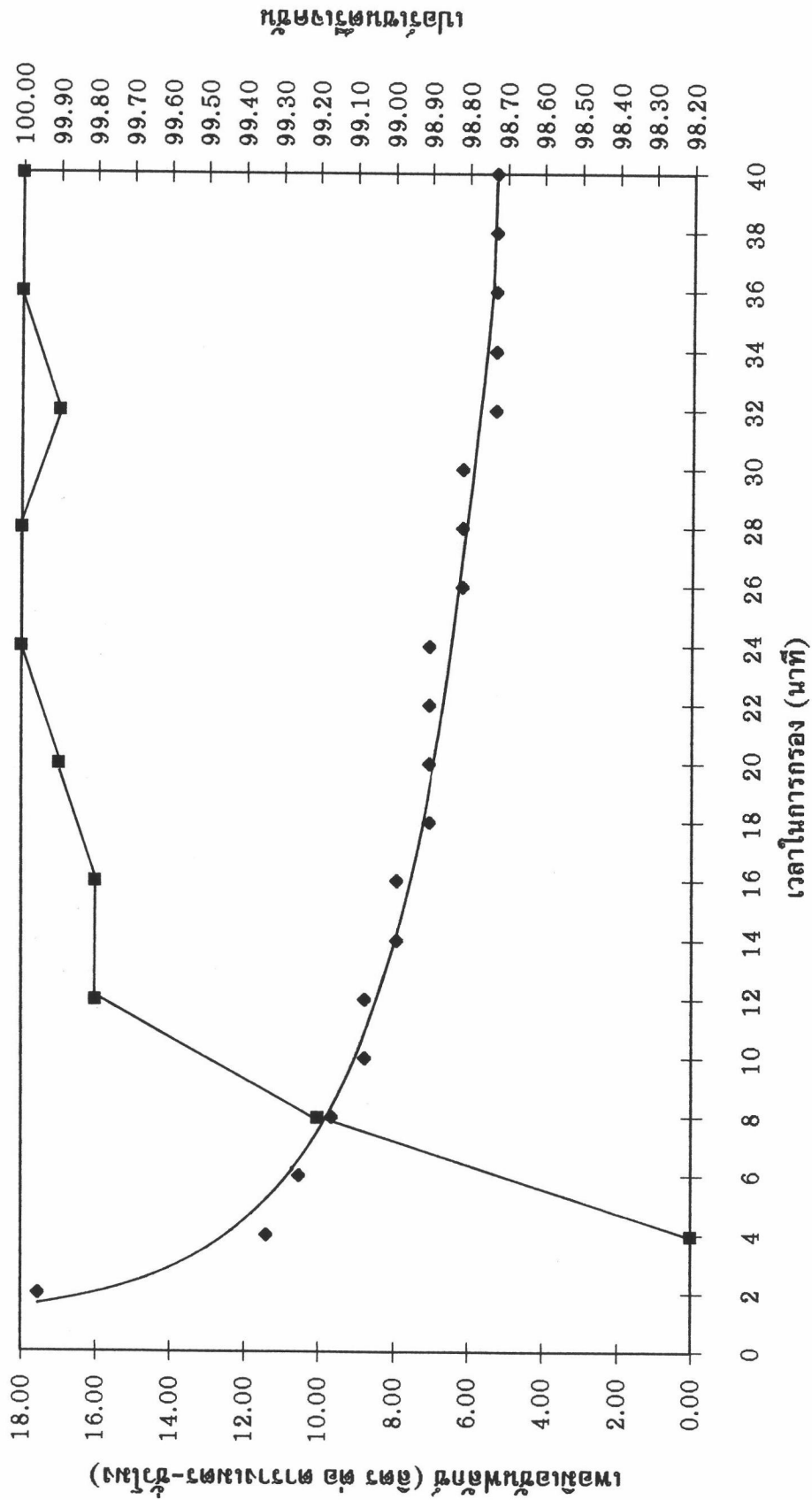
17. Winston, W.S. and Sirkar, K. Membrane Handbook (1992)
18. Mateus, M. and Cabral, J.M.S., Modeling Membrane Filtration of Protein and Cell Suspensions in a Vortex Flow Filtration System. AIChE. J. Vol. 41. No.4 (1995) : 764-772.
19. Kataoka, K., Dot, H., Komai, T. Heat/Mass Transfer in Taylor Vortex Flow with Constant Axial Flow Rates. Int. J. Heat Mass Transfer. Vol. 20 (1977) : 57-63
20. Lieber, J. Hydrodynamics of the Annular Gap Flow between Permeable Cylinder Walls. Escher Wyss News 2/1978-1/1979 : 24-30.
21. Kataoka, K., Dot, H., Hongo, T. and Futagawa, M. Ideal Plug-Flow Properties of Taylor Vortex Flow. Chem. Eng. Japan Vol 8 No.6 (1975) : 472-476
22. Belfort, G., Pimblex, J. M., Greinenr, A. and Chung, K.Y., Diagnosis of Membrane Fouling Using a Rotating Annular Filter : Cell Culture Media, J. Mem. Sci. 77 (1993) : 1-22.
23. \_\_\_\_\_.Diagnosis of Membrane Fouling Using a Rotating Annular Filter : Dilute Particle Suspension of know Partial Size. J. Mem. Sci. 77 (1993) : 23-39.
24. Charles, S. and Robert, H.D., Protein Recovery from Cell Debris Using Rotary and Tangential Cross-Flow Microfiltration. Biotechnol. Bioeng. Vol. 47 (1995) : 155-164.
25. เหมือนเดือน พิศาลพงศ์ การประยุกต์ใช้อุลตราฟิลเตรชันเพื่อเพิ่มผลผลิตในกระบวนการหมักอะซิโตน-บิวทานอล แบบต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2532

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก.

ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน ต่อ เวลา  
 ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน 6.5 กรัม ต่อ ลิตร  
 ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน 2.65 มิลลิเมตร  
 ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท 0.119 บาร์  
 ทดลองขณะเยื่อแผ่นอยู่กับที่

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ความต้านทานการกรอง (ต่อเมตร)* $10^{12}$	%รีเจคชัน
2	17.56	2.33	
4	11.41	3.68	98.20
6	10.53	4.00	
8	9.66	4.38	99.20
10	8.78	4.84	
12	8.78	4.84	99.80
14	7.90	5.40	
16	7.90	5.40	99.80
18	7.02	6.09	
20	7.02	6.09	99.90
22	7.02	6.09	
24	7.02	6.09	100.00
26	6.15	6.99	
28	6.15	6.99	100.00
30	6.15	6.99	
32	5.27	8.19	99.90
34	5.27	8.19	
36	5.27	8.19	100.00
38	5.27	8.19	
40	5.27	8.19	100.00

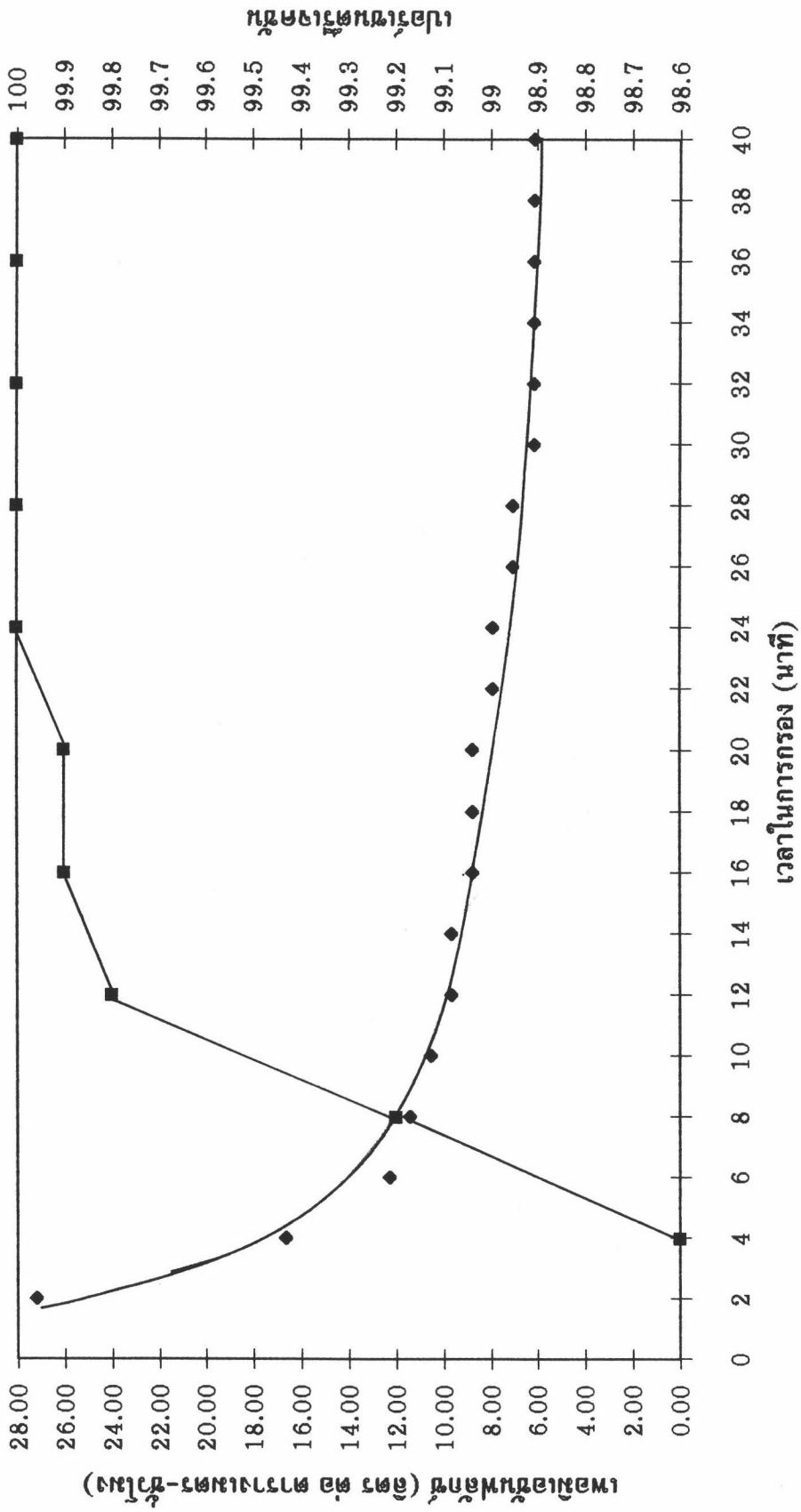


รูปแสดงผลการทดลองค่าเพอมีเอชันฟอสเฟตและเปอร์เซนต์ไร้เจคชั่น ต่อ เวลา

ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซนต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน 6.5 กรัม ต่อ ลิตร  
 ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน 2.65 มิลลิเมตร  
 ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท 0.255 บาร์  
 ทดลองขณะเยื่อแผ่นอยู่กับที่

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ความต้านทานการกรอง (ต่อเมตร)* $10^{12}$	%รีเจคชัน
2	27.22	3.29	
4	16.68	5.48	98.6
6	12.29	7.50	
8	11.41	8.09	99.2
10	10.53	8.78	
12	9.66	9.60	99.8
14	9.66	9.60	
16	8.78	10.58	99.9
18	8.78	10.58	
20	8.78	10.58	99.9
22	7.90	11.77	
24	7.90	11.77	100
26	7.02	13.27	
28	7.02	13.27	100
30	6.15	15.19	
32	6.15	15.19	100
34	6.15	15.19	
36	6.15	15.19	100
38	6.15	15.19	
40	6.15	15.19	100



◆ เพอมีเอชันฟลักซ์ —■— % วัสดุที่ไม่ละลาย

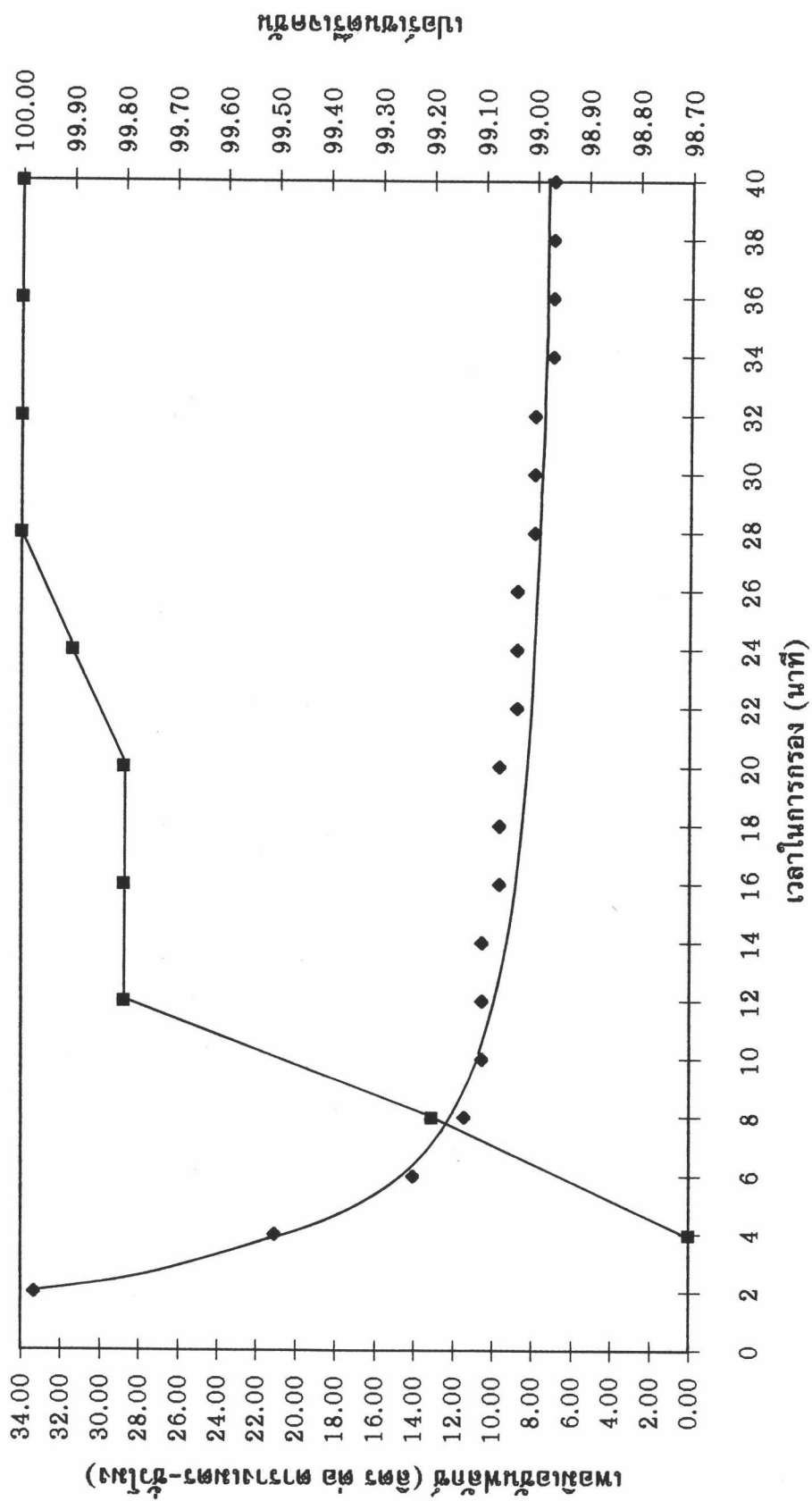
รูปแสดงผลการทดลองค่าเพอมีเอชันฟลักซ์และเปอร์เซ็นต์วัสดุที่ไม่ละลาย ต่อ เวลา



ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซนต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน 6.5 กรัม ต่อ ลิตร  
 ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน 2.65 มิลลิเมตร  
 ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท 0.391 บาร์  
 ทดลองขณะเยื่อแผ่นอยู่กับที่

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ความต้านทานการกรอง (ต่อเมตร)*10 <sup>12</sup>	%รีเจคชัน
2	33.36	4.16	
4	21.07	6.69	98.70
6	14.05	10.13	
8	11.41	12.51	99.20
10	10.53	13.57	
12	10.53	13.57	99.80
14	10.53	13.57	
16	9.66	14.82	99.80
18	9.66	14.82	
20	9.66	14.82	99.80
22	8.78	16.32	
24	8.78	16.32	99.90
26	8.78	16.32	
28	7.90	18.15	100.00
30	7.90	18.15	
32	7.90	18.15	100.00
34	7.02	20.45	
36	7.02	20.45	100.00
38	7.02	20.45	
40	7.02	20.45	100.00

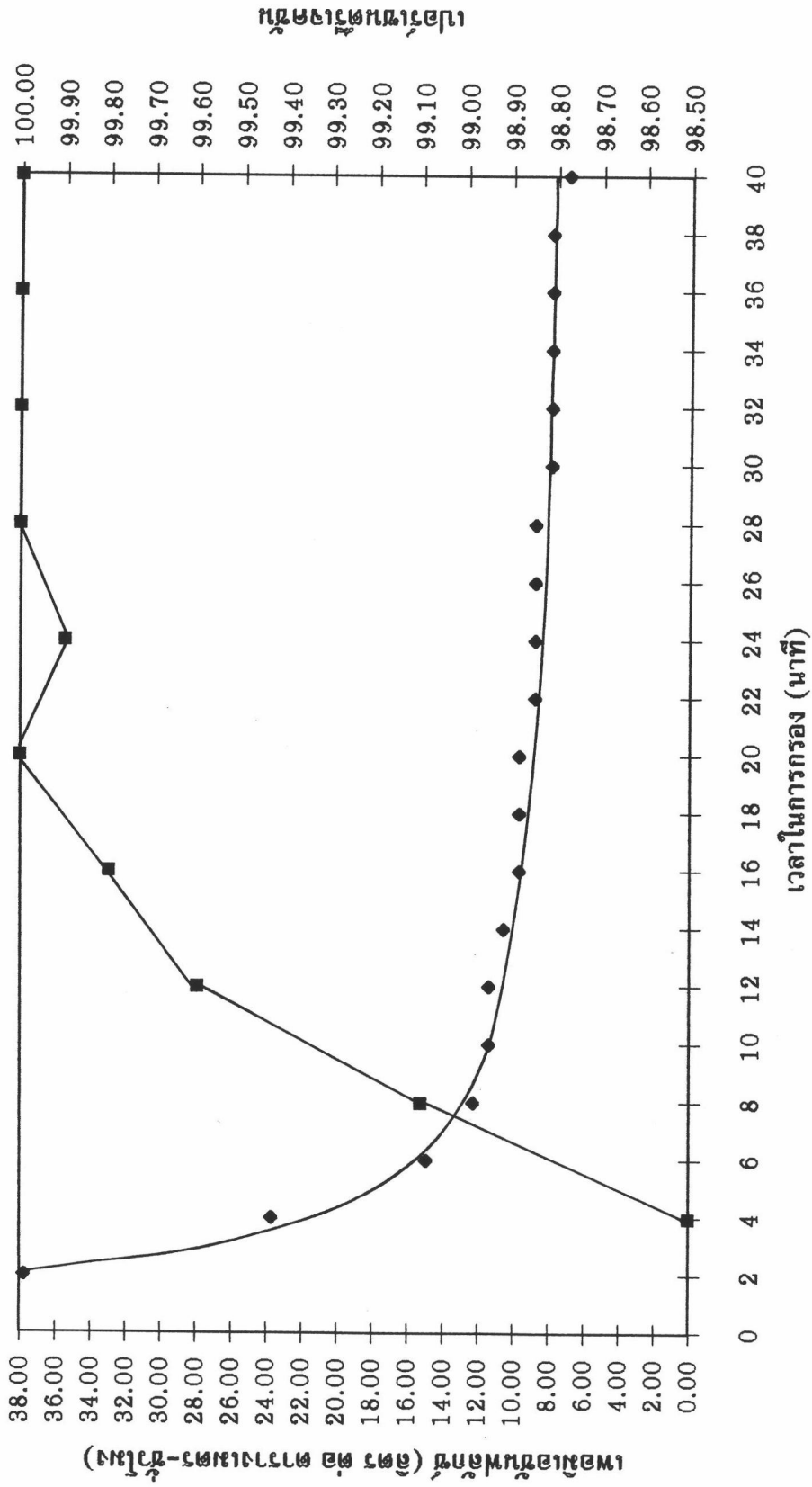


รูปแสดงผลการทดลองค่าเพอมีเอชันฟลักซ์และเปอร์เซ็นต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซนต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน 6.5 กรัม ต่อ ลิตร  
 ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน 2.65 มิลลิเมตร  
 ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท 0.527 บาร์  
 ทดลองขณะเยื่อแผ่นอยู่กับที่

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ความต้านทานการกรอง (ต่อเมตร)* $10^{12}$	%รีเจคชัน
2	37.75	4.99	
4	23.70	8.05	98.50
6	14.92	12.90	
8	12.29	15.70	99.10
10	11.41	16.93	
12	11.41	16.93	99.60
14	10.53	18.35	
16	9.66	20.04	99.80
18	9.66	20.04	
20	9.66	20.04	100.00
22	8.78	22.06	
24	8.78	22.06	99.90
26	8.78	22.06	
28	8.78	22.06	100.00
30	7.90	24.53	
32	7.90	24.53	100.00
34	7.90	24.53	
36	7.90	24.53	100.00
38	7.90	24.53	
40	7.02	27.62	100.00



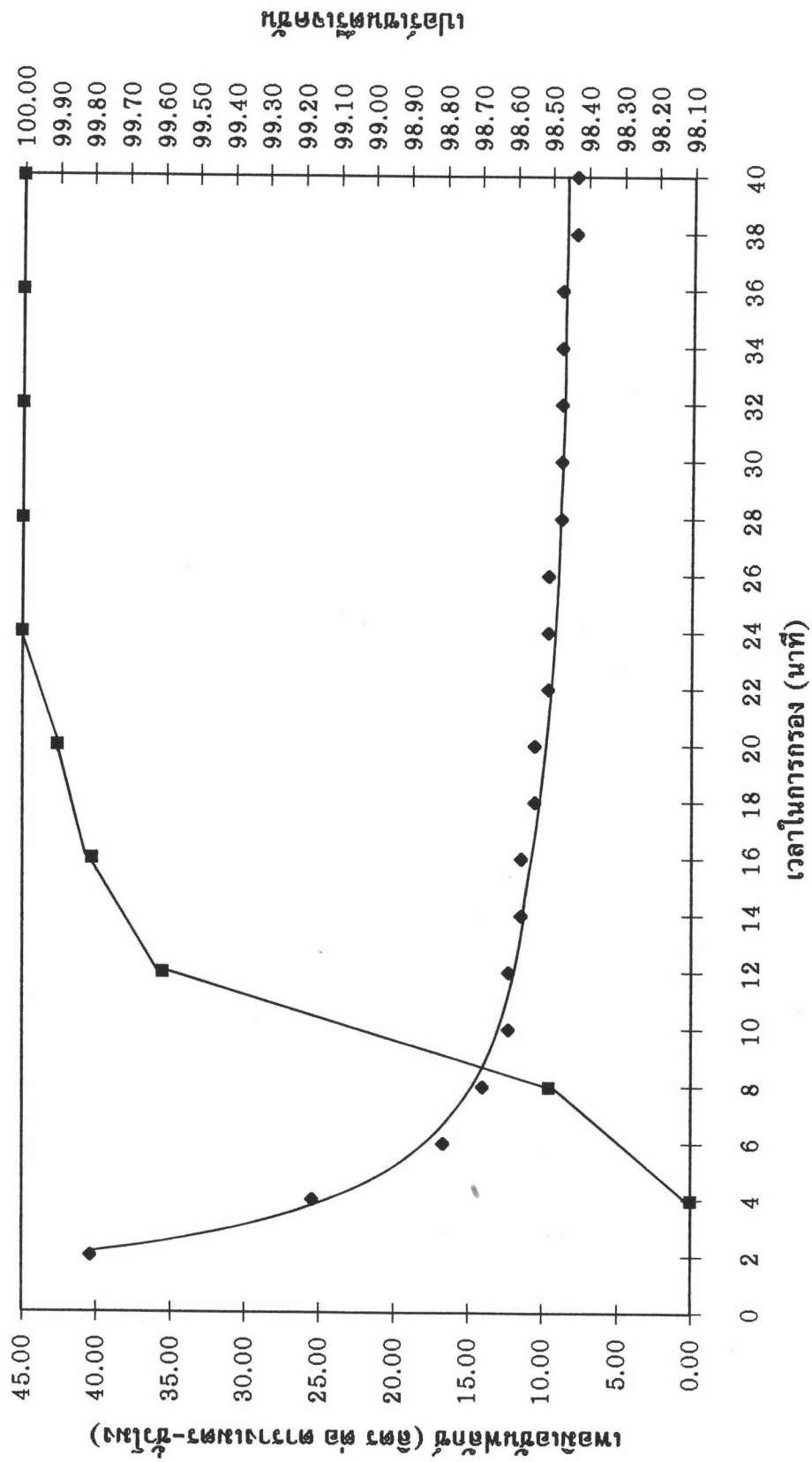
◆ เพอมีเอชันฟลักซ์ —■— %รีเจคชัน

รูปแสดงผลการทดลองค่าเพอมีเอชันฟลักซ์และเปอร์เซ็นต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซนต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน 6.5 กรัม ต่อ ลิตร  
 ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน 2.65 มิลลิเมตร  
 ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายสายป้อนกับเพอมีเอท 0.663 บาร์  
 ทดลองขณะเยื่อแผ่นอยู่กับที่

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ความต้านทานการกรอง (ต่อเมตร)* $10^{12}$	%รีเจคชัน
2	40.38	5.90	
4	25.46	9.46	98.10
6	16.68	14.54	
8	14.05	17.31	98.50
10	12.29	19.80	
12	12.29	19.80	99.60
14	11.41	21.34	
16	11.41	21.34	99.80
18	10.53	23.14	
20	10.53	23.14	99.90
22	9.66	25.26	
24	9.66	25.26	100.00
26	9.66	25.26	
28	8.78	27.80	100.00
30	8.78	27.80	
32	8.78	27.80	100.00
34	8.78	27.80	
36	8.78	27.80	100.00
38	7.90	30.91	
40	7.90	30.91	100.00

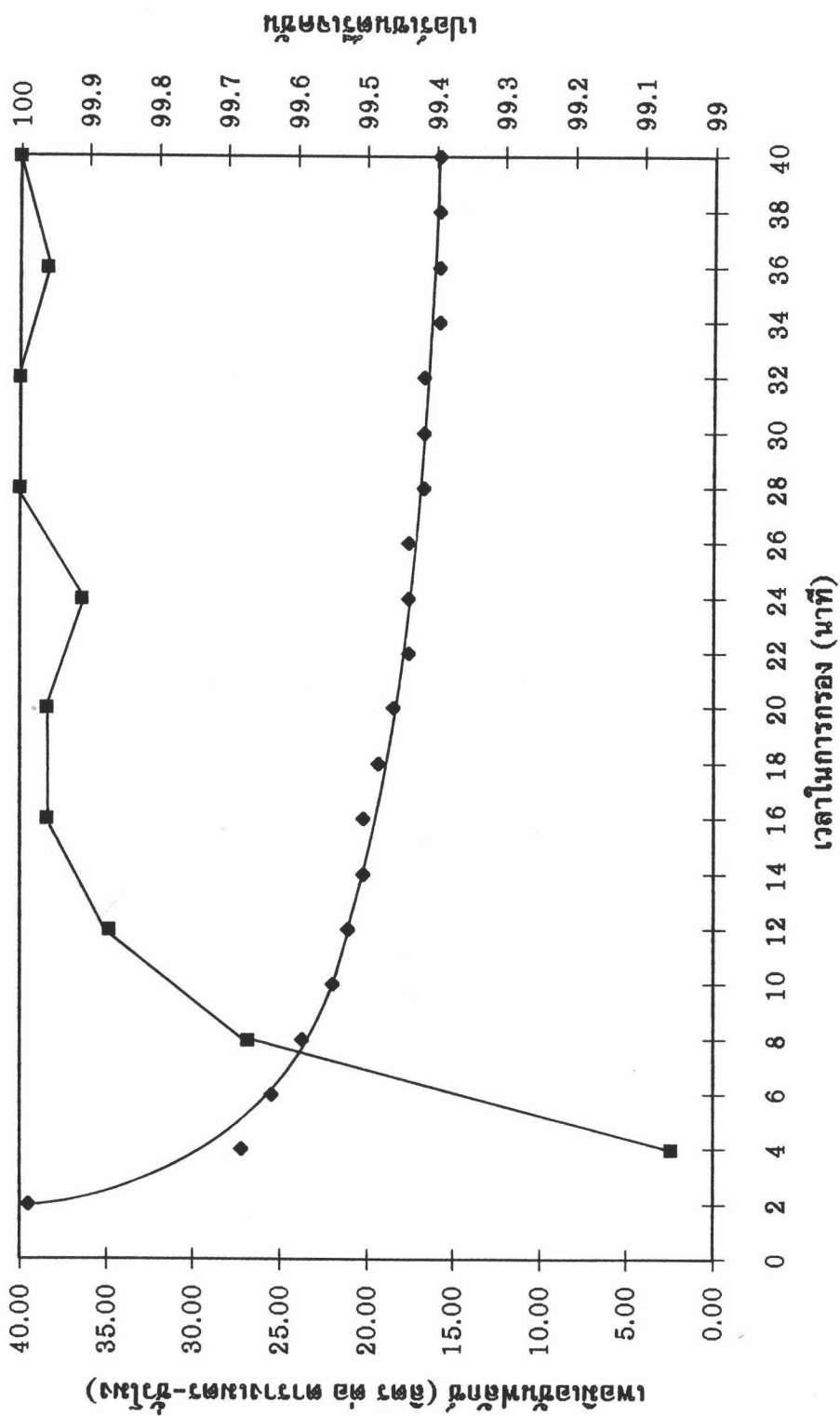


รูปแสดงผลการทดลองค่าเพอมีเอชันฟลักซ์และเปอร์เซ็นต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน 6.5 กรัม ต่อ ลิตร  
 ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน 2.65 มิลลิเมตร  
 ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น 500 รอบ ต่อ นาที  
 ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท 0.119 บาร์

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ความต้านทานการกรอง (ต่อเมตร <sup>-1</sup> )*10 <sup>12</sup>	%รีเจคชัน
2	39.51	0.93	
4	27.22	1.43	99.06
6	25.46	1.55	
8	23.70	1.67	99.67
10	21.95	1.82	
12	21.07	1.91	99.87
14	20.19	2.00	
16	20.19	2.00	99.96
18	19.31	2.10	
20	18.44	2.21	99.96
22	17.56	2.33	
24	17.56	2.33	99.91
26	17.56	2.33	
28	16.68	2.46	100
30	16.68	2.46	
32	16.68	2.46	100
34	15.80	2.60	
36	15.80	2.60	99.96
38	15.80	2.60	
40	15.80	2.60	100



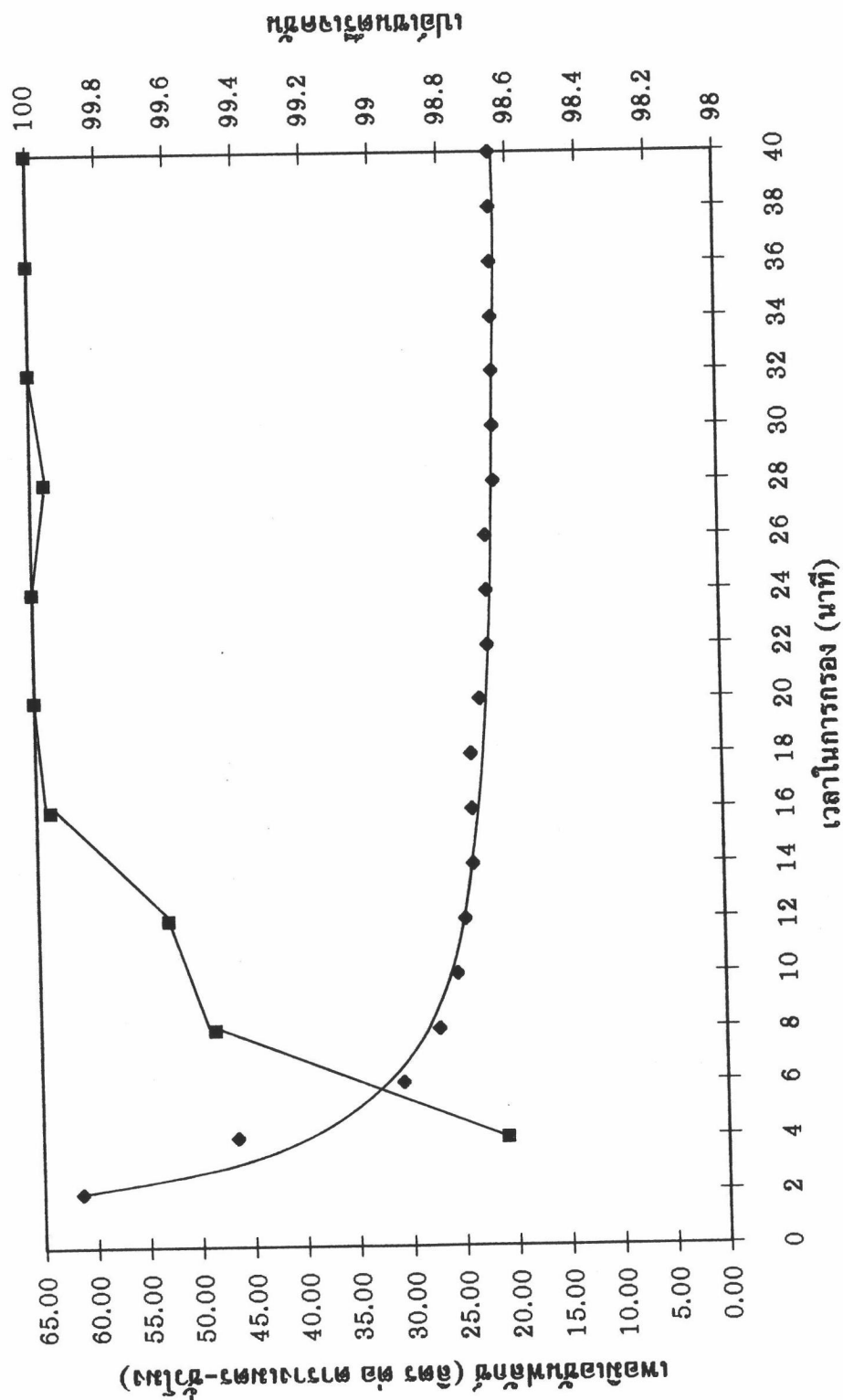
แสดงผลการทดลองค่าเพอมีเอชันฟลักซ์และเปอร์เซนต์รีเจคชัน ต่อ เวลา



ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซนต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน	6.5 กรัม ต่อ ลิตร
ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน	2.65 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น	500 รอบ ต่อ นาที
ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท	0.255 บาร์

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์	ความต้านทานการกรอง (ต่อเมตร <sup>-1</sup> )*10 <sup>12</sup>	%รีเจคชัน
	(ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)		
2	61.45	1.35	
4	46.53	1.84	98.64
6	30.73	2.89	
8	27.22	3.29	99.49
10	25.46	3.53	
12	24.58	3.66	99.62
14	23.70	3.80	
16	23.70	3.80	99.96
18	23.70	3.80	
20	22.83	3.95	100
22	21.95	4.12	
24	21.95	4.12	100
26	21.95	4.12	
28	21.07	4.30	99.96
30	21.07	4.30	
32	21.07	4.30	100
34	21.07	4.30	
36	21.07	4.30	100
38	21.07	4.30	
40	21.07	4.30	100



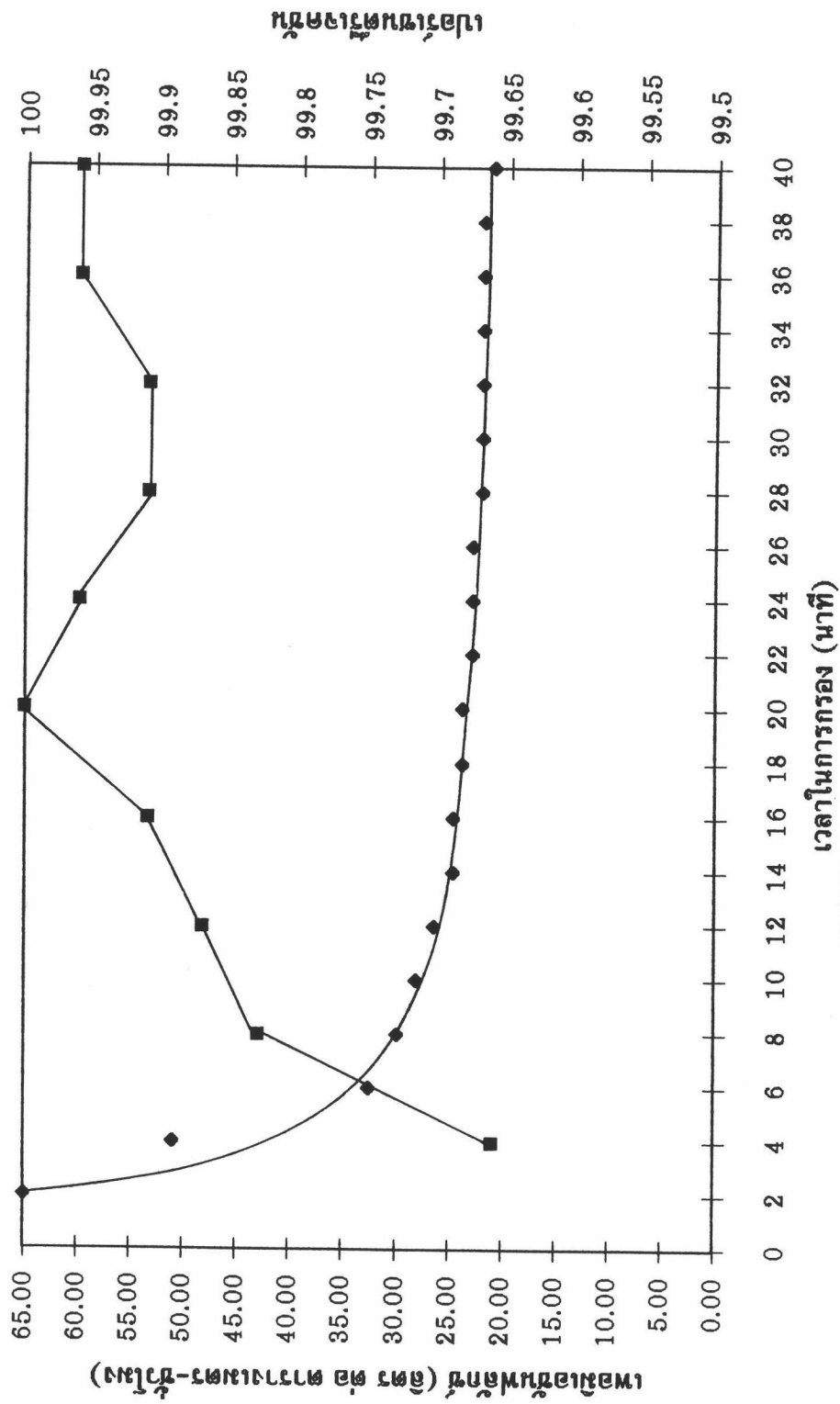
◆ เพอมีเอชันฟลักซ์ —■— % รัเจคชัน

รูปแสดงผลการทดลองค่าเพอมีเอชันฟลักซ์และเปอร์เซนต์รัเจคชัน ต่อ เวลา

ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซ็นรีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน	6.5 กรัม ต่อ ลิตร
ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน	2.65 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น	500 รอบ ต่อ นาที
ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท	0.391 บาร์

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์	ความต้านทานการกรอง (ต่อเมตร <sup>-1</sup> )* 10 <sup>12</sup>	%รีเจคชัน
	(ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)		
2	64.97	2.04	
4	50.92	2.66	99.66
6	32.48	4.27	
8	29.85	4.67	99.83
10	28.09	4.97	
12	26.34	5.32	99.87
14	24.58	5.71	
16	24.58	5.71	99.91
18	23.70	5.93	
20	23.70	5.93	100
22	22.83	6.16	
24	22.83	6.16	99.96
26	22.83	6.16	
28	21.95	6.42	99.91
30	21.95	6.42	
32	21.95	6.42	99.91
34	21.95	6.42	
36	21.95	6.42	99.96
38	21.95	6.42	
40	21.07	6.69	99.96

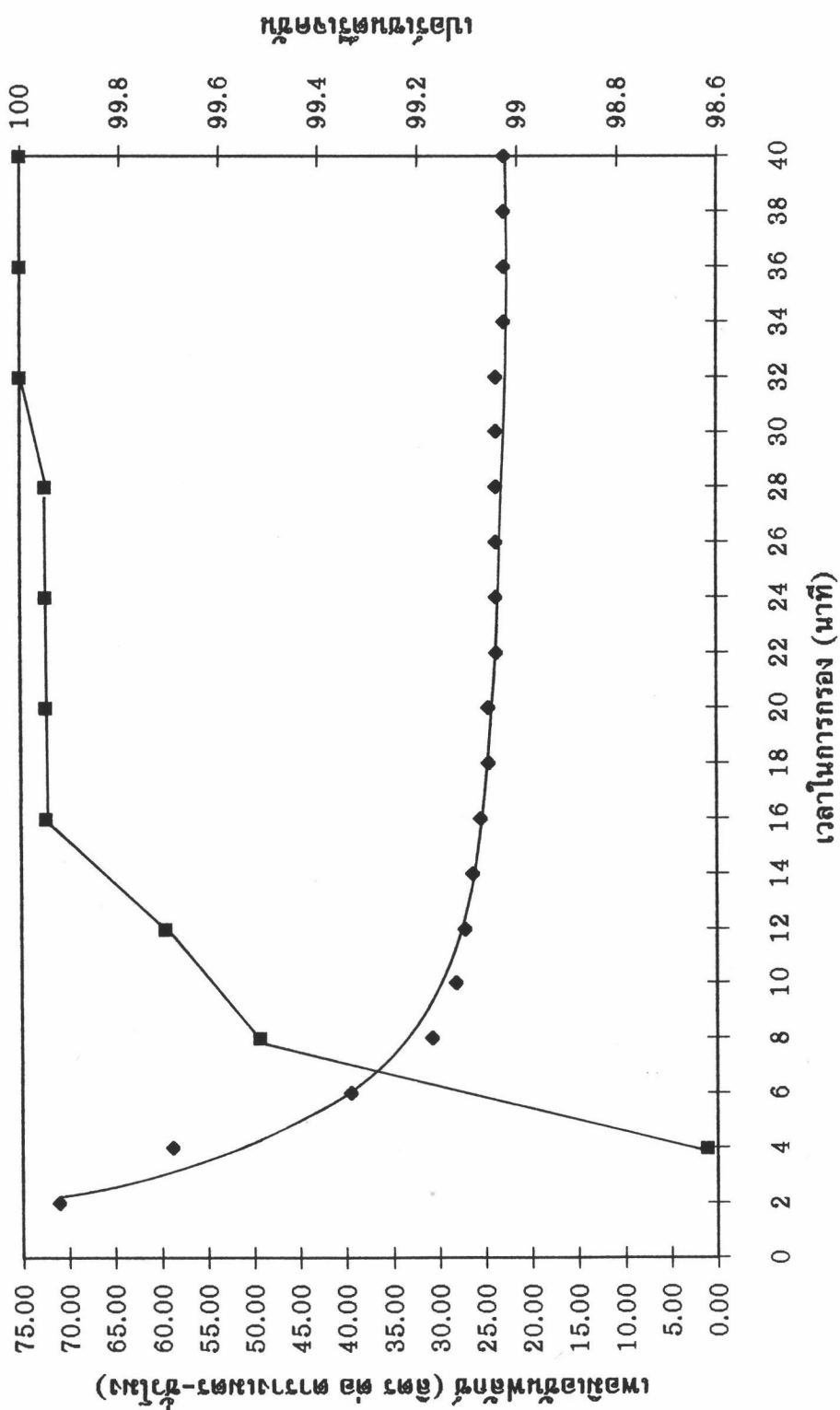


รูปแสดงผลการทดลองค่าพอสเฟตดูดซับและเปอร์เซ็นต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซนต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน	6.5 กรัม ต่อ ลิตร
ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน	2.65 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น	500 รอบ ต่อ นาที
ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท	0.527 บาร์

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์	ความต้านทานการกรอง (ต่อเมตร <sup>-1</sup> )*10 <sup>12</sup>	%รีเจคชัน
	(ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)		
2	71.11	2.56	
4	58.82	3.13	98.62
6	39.51	4.76	
8	30.73	6.17	99.52
10	28.09	6.77	
12	27.22	6.99	99.71
14	26.34	7.23	
16	25.46	7.49	99.95
18	24.58	7.76	
20	24.58	7.76	99.95
22	23.70	8.05	
24	23.70	8.05	99.95
26	23.70	8.05	
28	23.70	8.05	99.95
30	23.70	8.05	
32	23.70	8.05	100
34	22.83	8.37	
36	22.83	8.37	100
38	22.83	8.37	
40	22.83	8.37	100



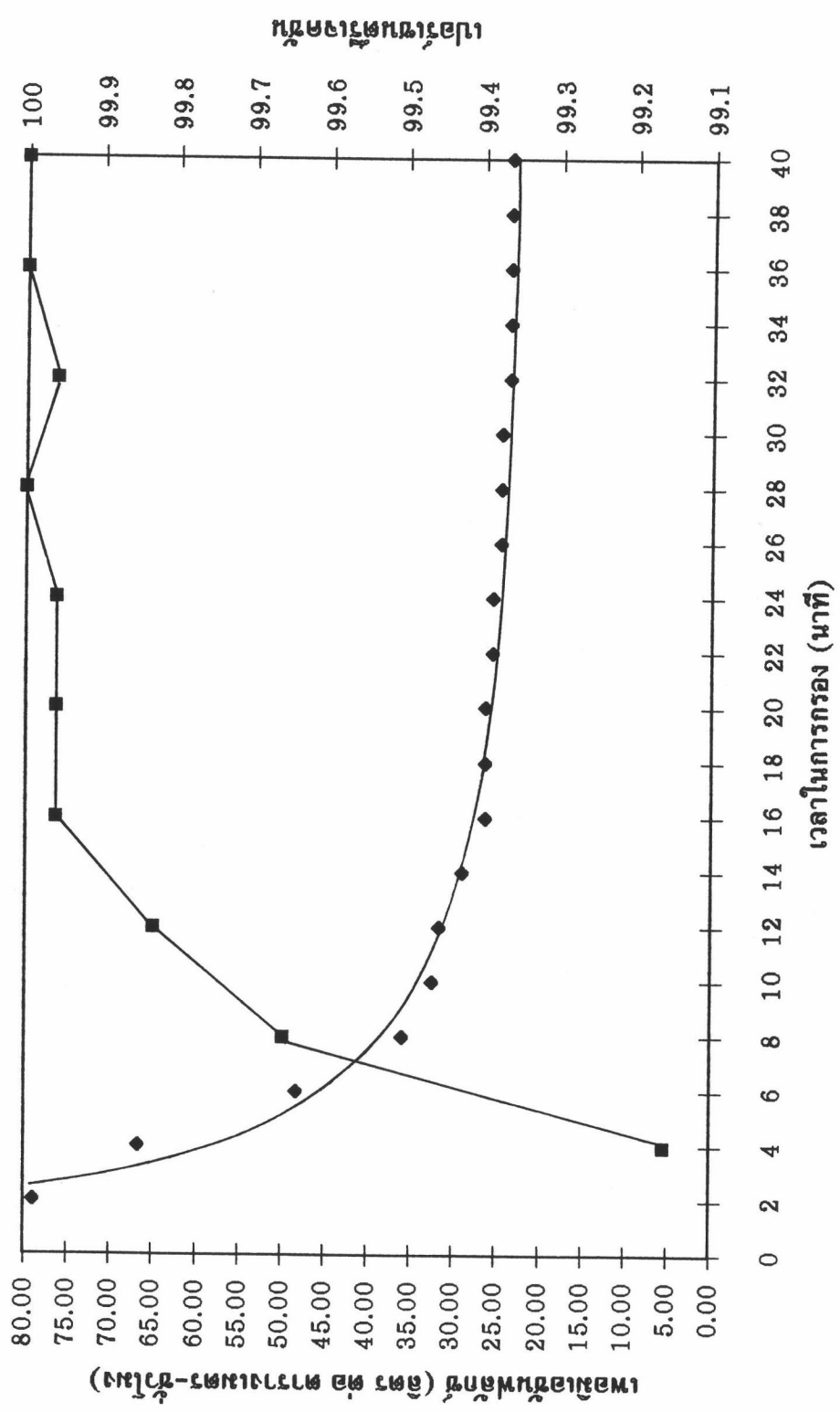
◆ เพอมีเอชันฟลักซ์ —■— %รีเจคชัน

รูปแสดงผลการทดลองค่าเพอมีเอชันฟลักซ์และเปอร์เซ็นต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซนต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน	6.5 กรัม ต่อ ลิตร
ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน	2.65 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น	500 รอบ ต่อ นาที
ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท	0.663 บาร์

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์	ความต้านทานการกรอง (ต่อเมตร <sup>-1</sup> )*10 <sup>12</sup>	%รีเจคชัน
	(ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)		
2	79.01	2.92	
4	66.72	3.50	99.16
6	48.29	4.90	
8	35.99	6.64	99.66
10	32.48	7.38	
12	31.60	7.59	99.83
14	28.97	8.29	
16	26.34	9.14	99.96
18	26.34	9.14	
20	26.34	9.14	99.96
22	25.46	9.46	
24	25.46	9.46	99.96
26	24.58	9.81	
28	24.58	9.81	100
30	24.58	9.81	
32	23.70	10.18	99.96
34	23.70	10.18	
36	23.70	10.18	100
38	23.70	10.18	
40	23.70	10.18	100



◆ ฟอสเฟตในน้ำ —■— เปอร์เซ็นต์ฟอสเฟต

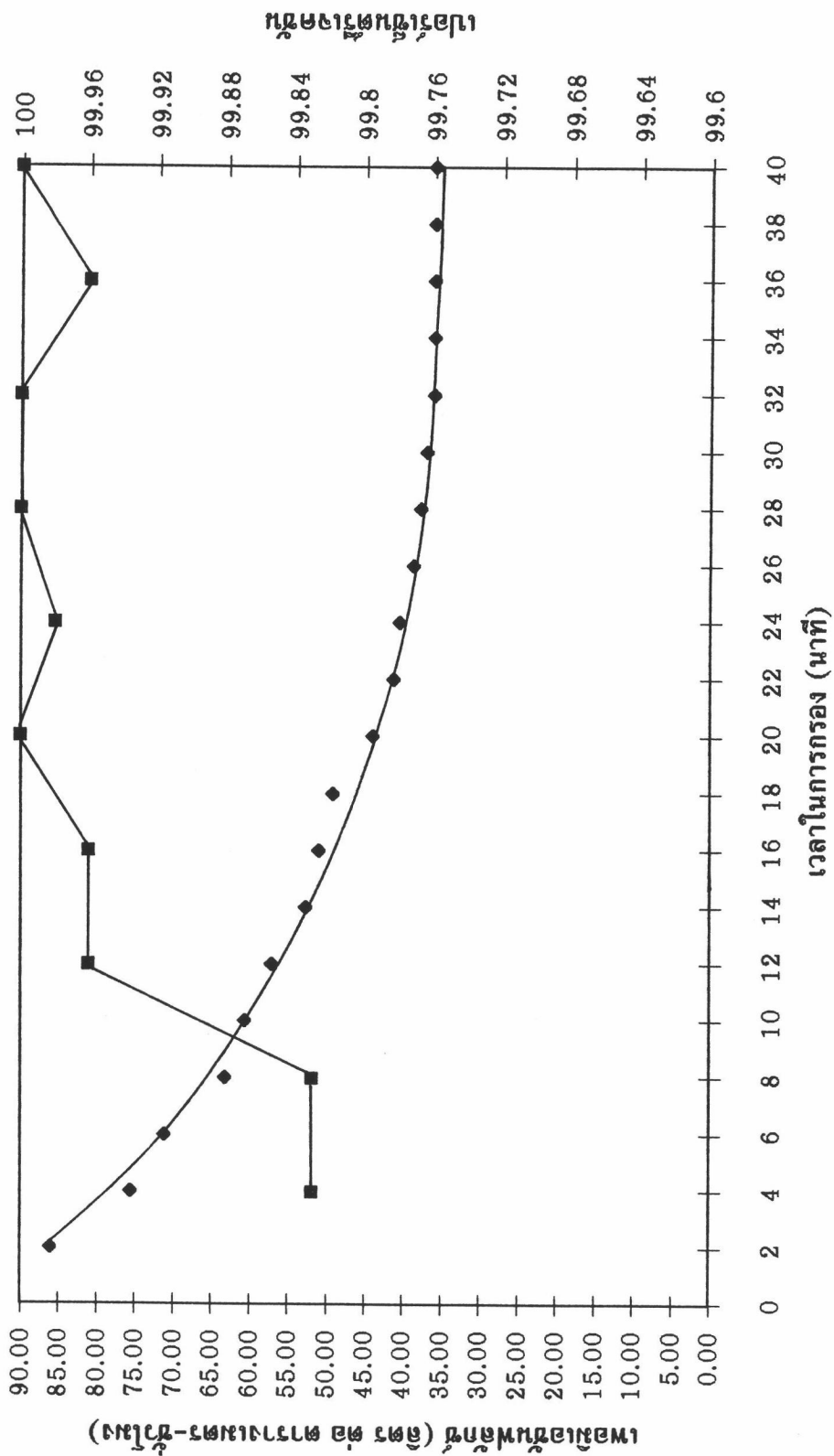
รูปแสดงผลการทดลองค่าฟอสเฟตในน้ำและเปอร์เซ็นต์ฟอสเฟต ต่อ เวลา



ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซ็นตรีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน	6.5 กรัม ต่อ ลิตร
ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน	2.65 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น	1000 รอบ ต่อ นาที
ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท	0.119 บาร์

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ความต้านทานการกรอง (ต่อเมตร)* $10^{12}$	% รีเจคชัน
2	86.04	0.33	
4	75.50	0.40	99.83
6	71.11	0.43	
8	63.21	0.51	99.83
10	60.58	0.54	
12	57.06	0.59	99.96
14	52.67	0.65	
16	50.92	0.68	99.96
18	49.16	0.71	
20	43.90	0.82	100
22	41.26	0.88	
24	40.38	0.91	99.98
26	38.63	0.96	
28	37.75	0.98	100
30	36.87	1.01	
32	35.99	1.04	100
34	35.99	1.04	
36	35.99	1.04	99.96
38	35.99	1.04	
40	35.99	1.04	100

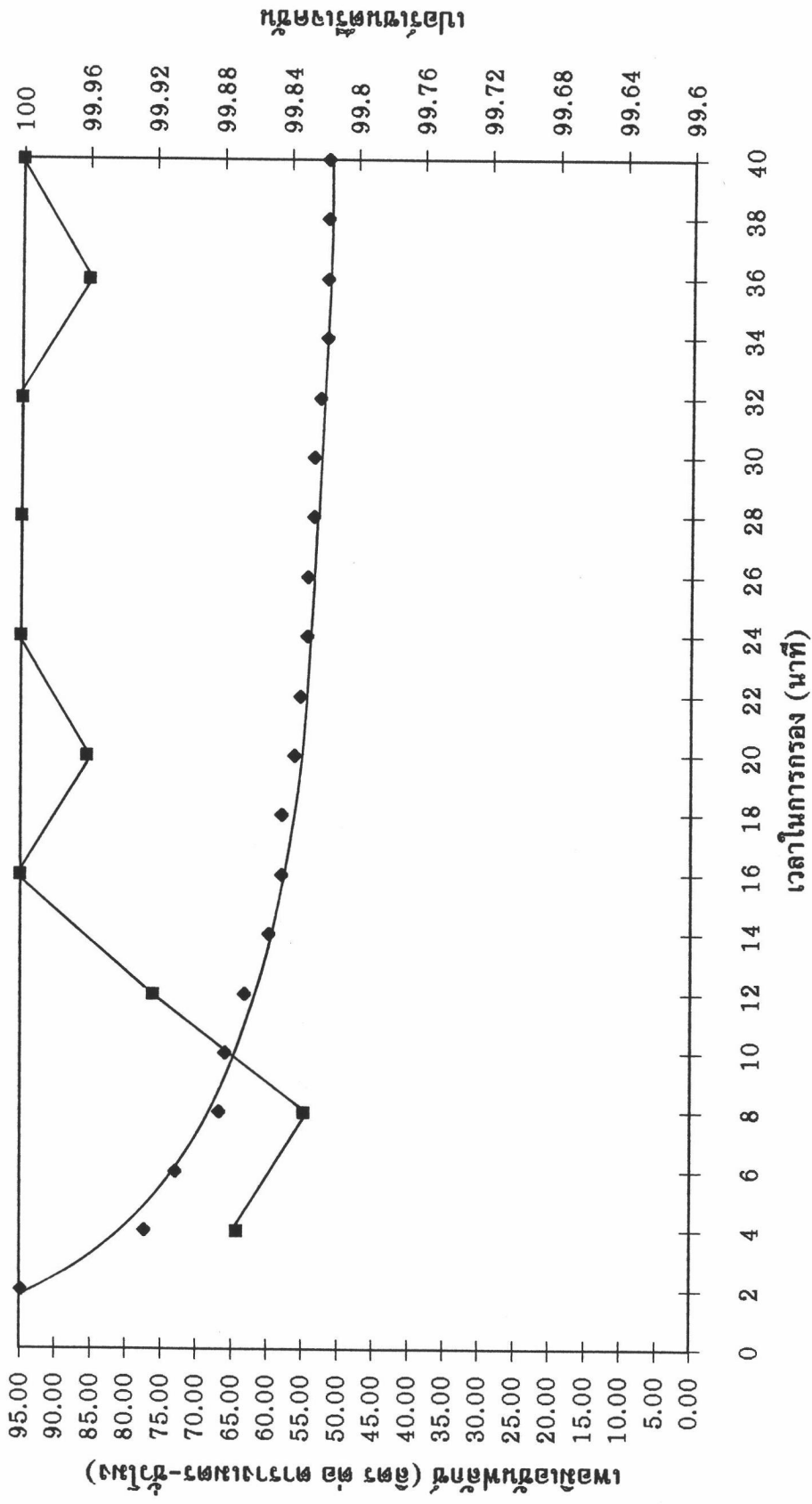


รูปแสดงผลการทดลองค่าเพอมีเอชันฟลักซ์และเปอร์เซ็นต์ไรเจคชั่น ต่อ เวลา

ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซนต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน 6.5 กรัม ต่อ ลิตร  
 ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน 2.65 มิลลิเมตร  
 ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น 1000 รอบ ต่อ นาที  
 ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท 0.255 บาร์

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ความต้านทานการกรอง (ต่อเมตร)* $10^{12}$	% รีเจคชัน
2	94.81	0.81	
4	77.26	1.04	99.87
6	72.87	1.11	
8	66.72	1.23	99.83
10	65.84	1.25	
12	63.21	1.31	99.92
14	59.70	1.40	
16	57.94	1.44	100
18	57.94	1.44	
20	56.19	1.50	99.96
22	55.31	1.52	
24	54.43	1.55	100
26	54.43	1.55	
28	53.55	1.58	100
30	53.55	1.58	
32	52.67	1.61	100
34	51.80	1.64	
36	51.80	1.64	99.96
38	51.80	1.64	
40	51.80	1.64	100



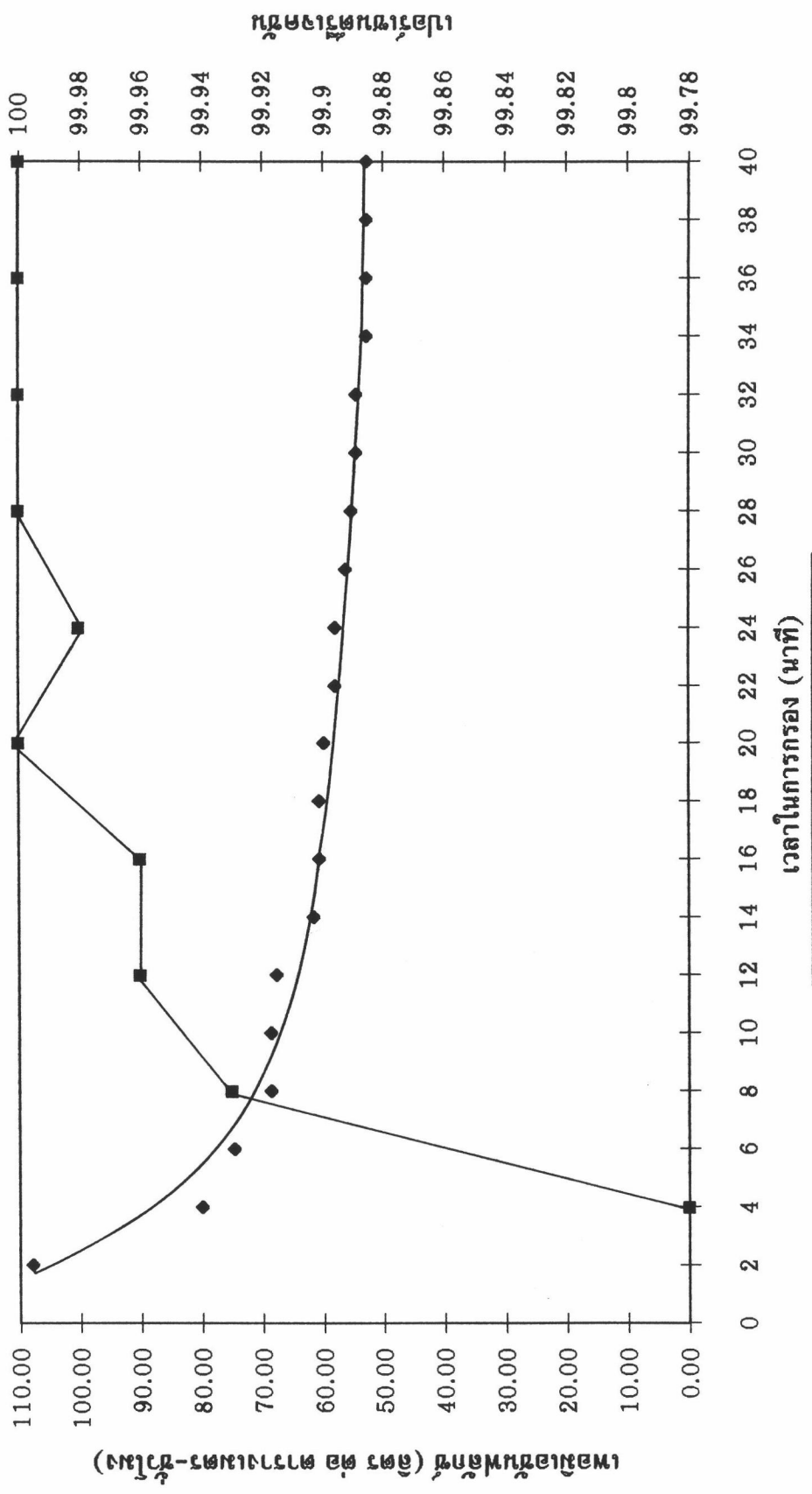
◆ เพอมีเอชันฟลักซ์ —■— % รีเจคชัน

รูปแสดงผลการทดลองค่าเพอมีเอชันฟลักซ์และเปอร์เซ็นต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซ็นรีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน	6.5 กรัม ต่อ ลิตร
ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน	2.65 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น	1000 รอบ ต่อ นาที
ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท	0.391 บาร์

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ความต้านทานการกรอง (ต่อ เมตร)* $10^{12}$	% รีเจคชัน
2	107.98	1.16	
4	79.89	1.63	99.78
6	74.62	1.76	
8	68.48	1.93	99.93
10	68.48	1.93	
12	67.60	1.96	99.96
14	61.45	2.17	
16	60.58	2.21	99.96
18	60.58	2.21	
20	59.70	2.24	100
22	57.94	2.31	
24	57.94	2.31	99.98
26	56.19	2.39	
28	55.31	2.43	100
30	54.43	2.48	
32	54.43	2.48	100
34	52.67	2.56	
36	52.67	2.56	100
38	52.67	2.56	
40	52.67	2.56	100

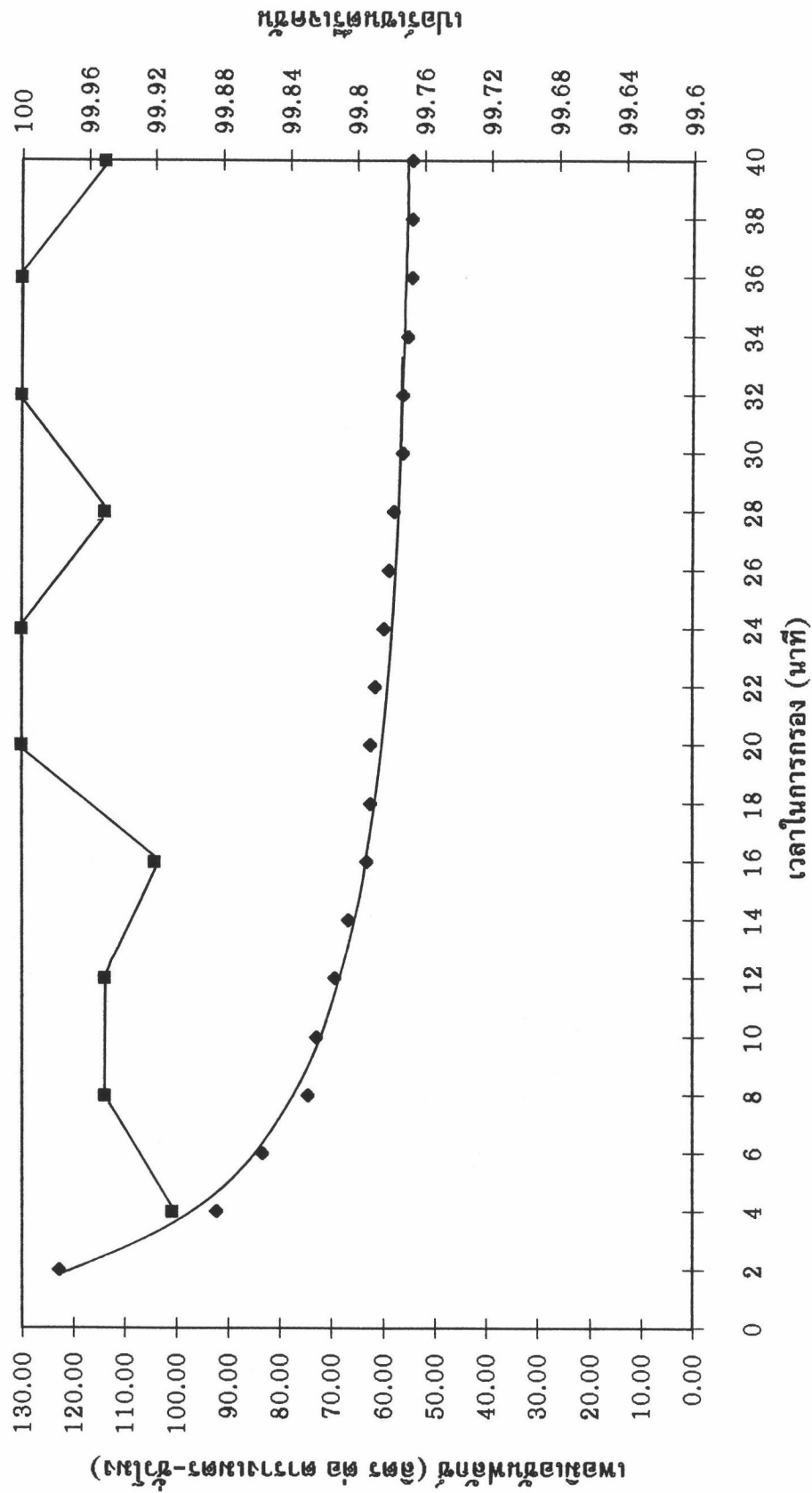


รูปแสดงผลการทดลองค่าพหุมิเอชันฟลักซ์และเปอร์เซ็นต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน	6.5 กรัม ต่อ ลิตร
ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน	2.65 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น	1000 รอบ ต่อ นาที
ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท	0.527 บาร์

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ความต้านทานการกรอง (ต่อ เมตร)* $10^{12}$	% รีเจคชัน
2	122.91	1.40	
4	92.18	1.93	99.91
6	83.40	2.16	
8	74.62	2.43	99.95
10	72.87	2.49	
12	69.36	2.63	99.95
14	66.72	2.74	
16	63.21	2.90	99.92
18	62.33	2.95	
20	62.33	2.95	100
22	61.45	2.99	
24	59.70	3.09	100
26	58.82	3.13	
28	57.94	3.18	99.95
30	56.19	3.29	
32	56.19	3.29	100
34	55.31	3.35	
36	54.43	3.40	100
38	54.43	3.40	
40	54.43	3.40	99.95



◆ เพอมีเอชันฟลักซ์ —■— % ไรเจคชัน

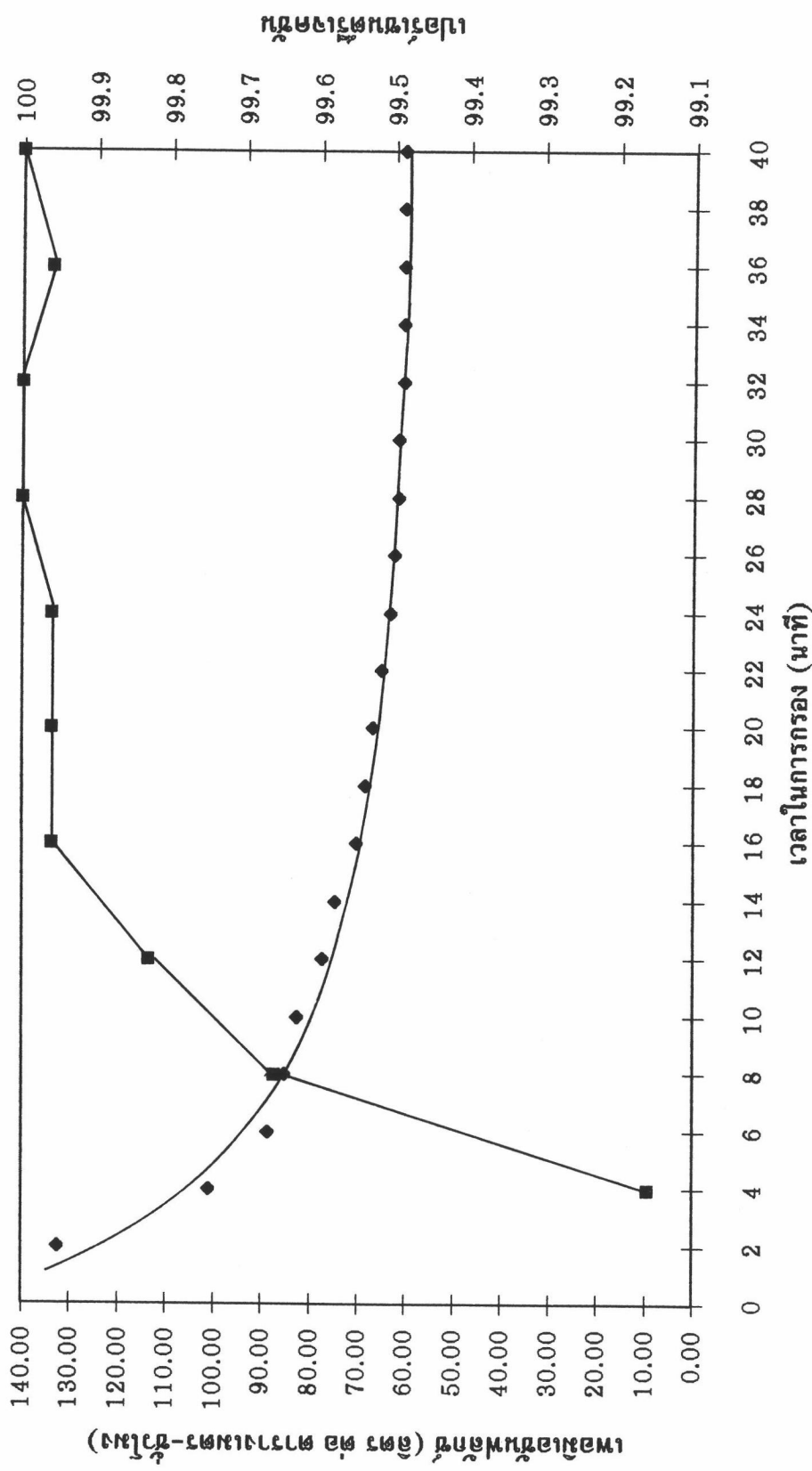
รูปแสดงผลการทดลองค่าเพอมีเอชันฟลักซ์และเปอร์เซ็นต์ไรเจคชัน ต่อ เวลา



ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซนต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน	6.5 กรัม ต่อ ลิตร
ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน	2.65 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น	1000 รอบ ต่อ นาที
ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท	0.663 บาร์

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ความต้านทานการกรอง (ต่อ เมตร)* $10^{12}$	% รีเจคชัน
2	132.56	1.67	
4	100.96	2.25	99.16
6	88.67	2.58	
8	85.16	2.70	99.66
10	82.52	2.79	
12	77.26	2.99	99.83
14	74.62	3.11	
16	70.23	3.31	99.96
18	68.48	3.40	
20	66.72	3.50	99.96
22	64.97	3.60	
24	63.21	3.70	99.96
26	62.33	3.76	
28	61.45	3.81	100
30	61.45	3.81	
32	60.58	3.87	100
34	60.58	3.87	
36	60.58	3.87	99.96
38	60.58	3.87	
40	60.58	3.87	100



◆ เพอมีเอชันฟลักซ์ —■— % ไรเจคชัน

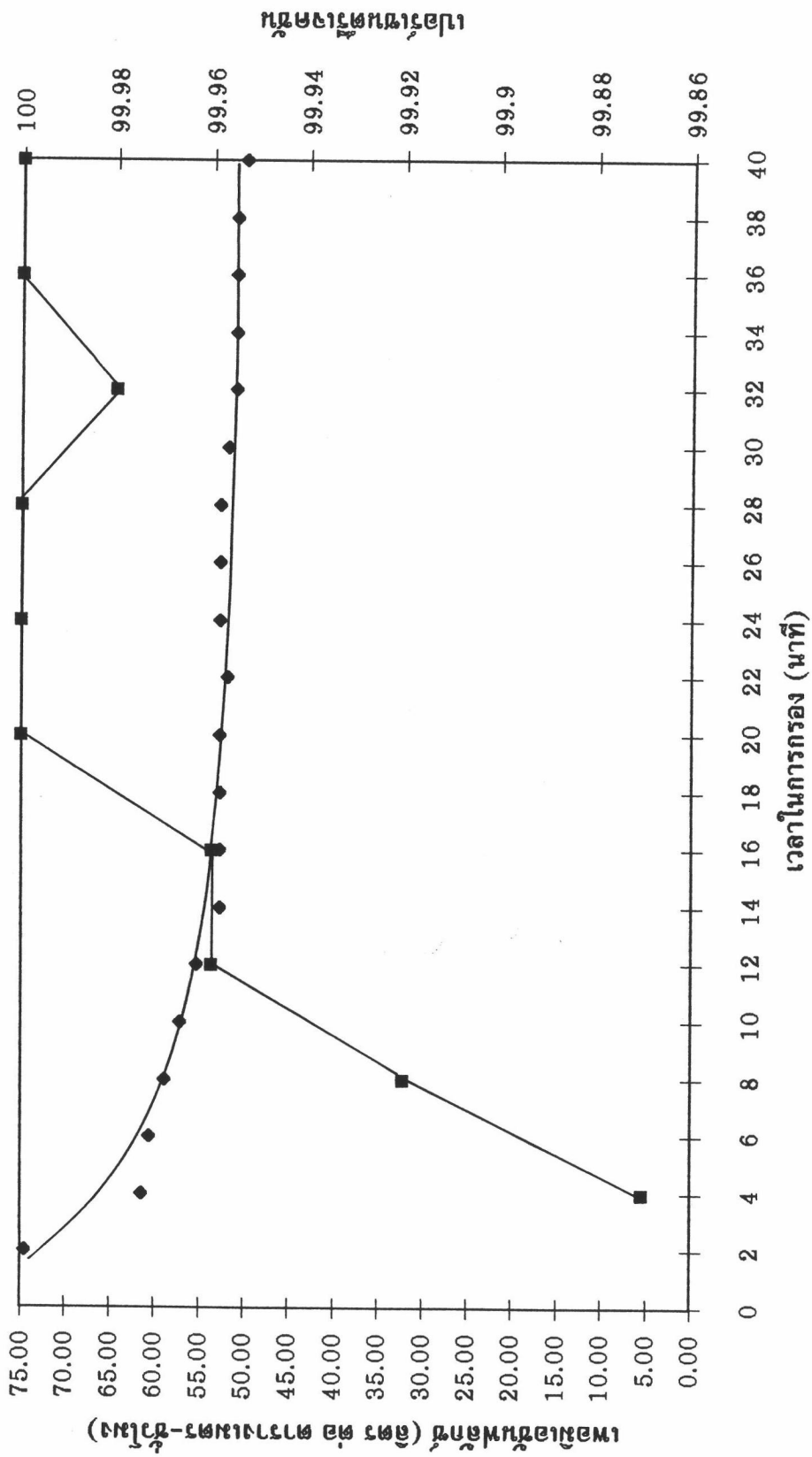
รูปแสดงผลการทดลองค่าเพอมีเอชันฟลักซ์และเปอร์เซ็นต์ไรเจคชัน ต่อ เวลา



ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซนต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน	6.5 กรัม ต่อ ลิตร
ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน	2.65 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น	1500 รอบ ต่อ นาที
ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท	0.119 บาร์

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ความต้านทานการกรอง (ต่อ เมตร)* $10^{12}$	% รีเจคชัน
2	74.62	0.40	
4	61.45	0.53	99.87
6	60.58	0.54	
8	58.82	0.56	99.92
10	57.06	0.59	
12	55.31	0.61	99.96
14	52.67	0.65	
16	52.67	0.65	99.96
18	52.67	0.65	
20	52.67	0.65	100
22	51.80	0.67	
24	52.67	0.65	100
26	52.67	0.65	
28	52.67	0.65	100
30	51.80	0.67	
32	50.92	0.68	99.98
34	50.92	0.68	
36	50.92	0.68	100
38	50.92	0.68	
40	50.04	0.70	100

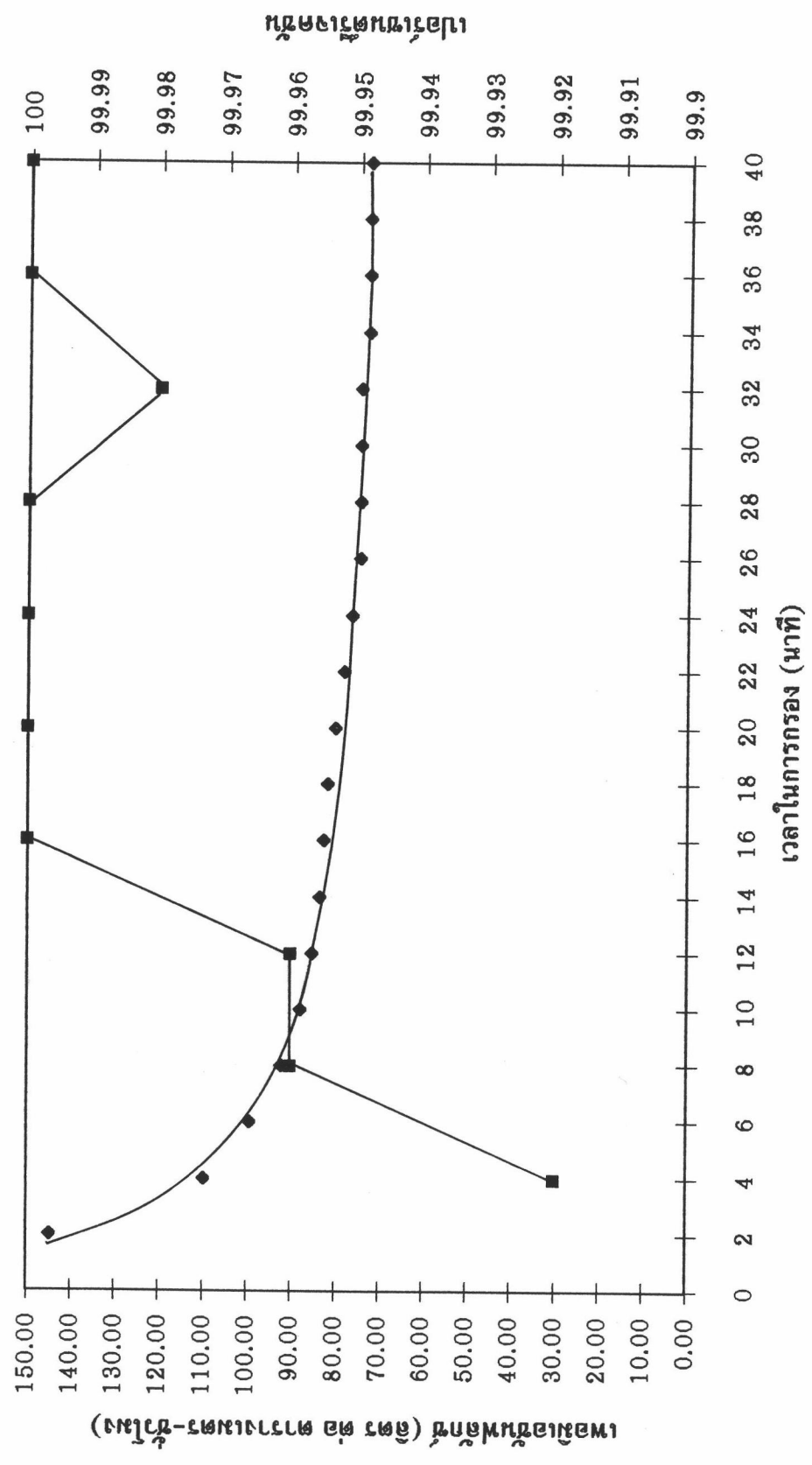


รูปแสดงผลการทดลองค่าเพอมีเอชันฟลักซ์และเปอร์เซ็นต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซนต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน	6.5 กรัม ต่อ ลิตร
ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน	2.65 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น	1500 รอบ ต่อ นาที
ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท	0.255 บาร์

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ความต้านทานการกรอง (ต่อ เมตร)* $10^{12}$	% รีเจคชัน
2	144.86	0.47	
4	109.74	0.68	99.92
6	99.20	0.77	
8	92.18	0.84	99.96
10	87.79	0.89	
12	85.16	0.92	99.96
14	83.40	0.95	
16	82.52	0.96	100
18	81.65	0.97	
20	79.89	1.00	100
22	78.13	1.02	
24	76.38	1.05	100
26	74.62	1.08	
28	74.62	1.08	100
30	74.62	1.08	
32	74.62	1.08	99.98
34	72.87	1.11	
36	72.87	1.11	100
38	72.87	1.11	
40	72.87	1.11	100

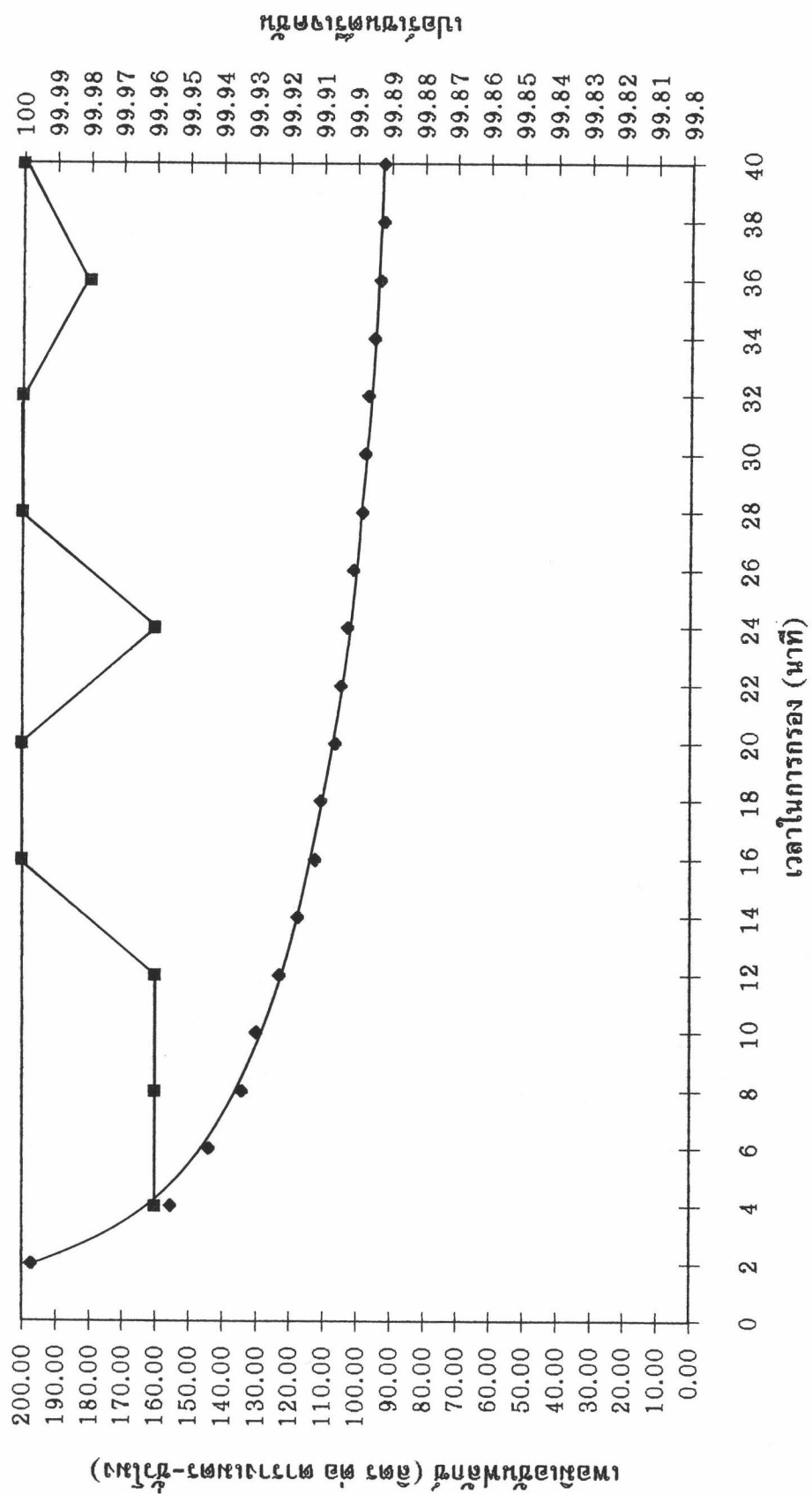


รูปแสดงผลการทดลองค่าพลาซึม-เดทริงและเปอร์เซ็นต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซนต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน 6.5 กรัม ต่อ ลิตร  
 ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน 2.65 มิลลิเมตร  
 ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น 1500 รอบ ต่อ นาที  
 ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท 0.391 บาร์

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ความต้านทานการกรอง (ต่อ เมตร)* $10^{12}$	% รีเจคชัน
2	197.53	0.55	
4	155.39	0.75	99.96
6	143.98	0.82	
8	134.32	0.89	99.96
10	129.93	0.93	
12	122.91	0.99	99.96
14	117.64	1.05	
16	112.37	1.10	100
18	110.62	1.12	
20	106.23	1.18	100
22	104.47	1.20	
24	102.72	1.22	99.96
26	100.96	1.25	
28	98.33	1.29	100
30	97.45	1.30	
32	96.57	1.31	100
34	94.81	1.34	
36	93.06	1.37	99.98
38	92.18	1.39	
40	92.18	1.39	100



◆ เพอมีเอชันฟอสฟอรัส —■— % ฟอสฟอรัส

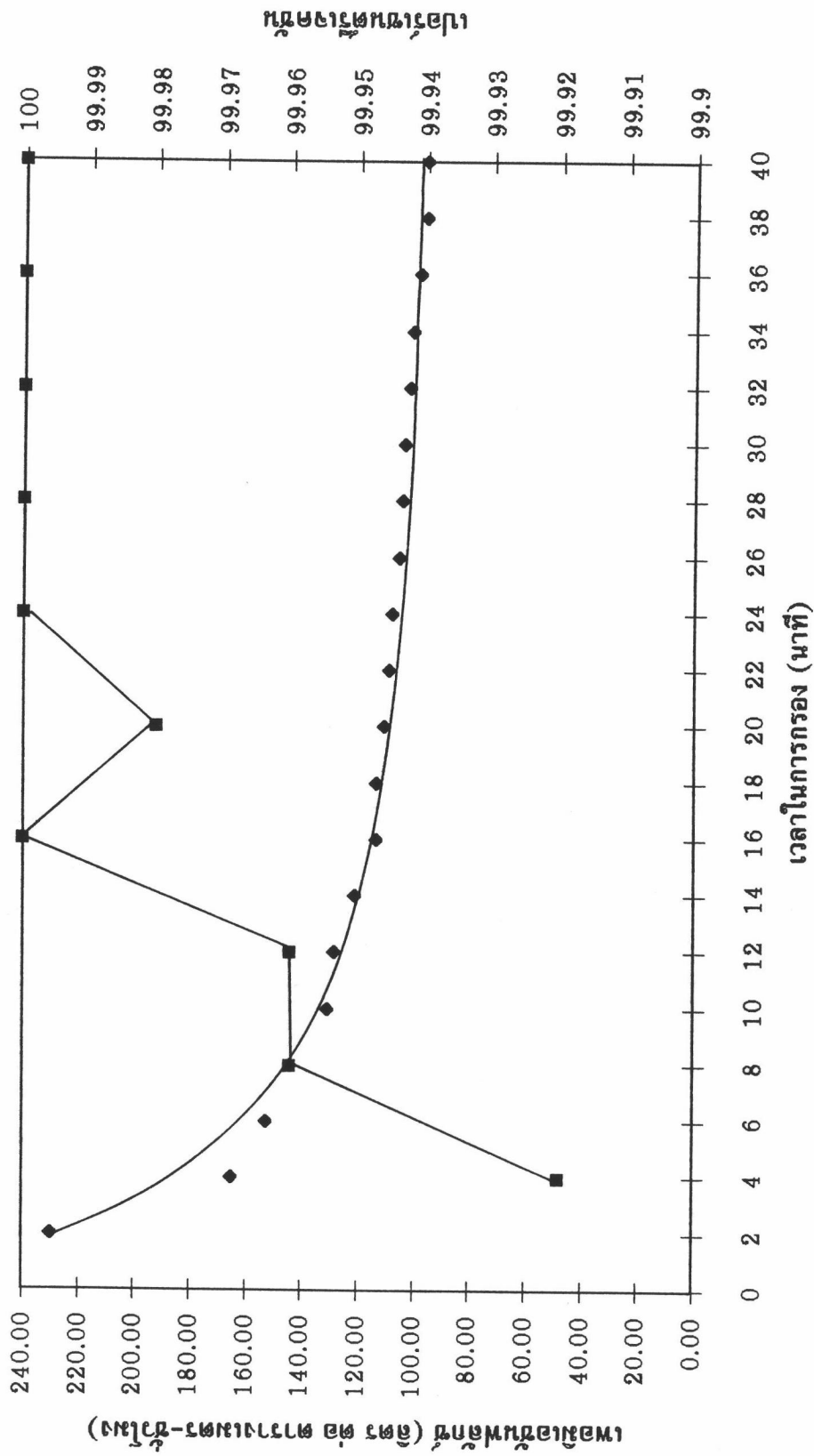
รูปแสดงผลการทดลองค่าเพอมีเอชันฟอสฟอรัสและเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส ต่อ เวลา



ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซ็นตรีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน	6.5 กรัม ต่อ ลิตร
ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน	2.65 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น	1500 รอบ ต่อ นาที
ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท	0.527 บาร์

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ความต้านทานการกรอง (ต่อ เมตร)* $10^{12}$	% รีเจคชัน
2	230.01	0.66	
4	165.05	1.00	99.92
6	152.76	1.09	
8	143.98	1.17	99.96
10	130.81	1.31	
12	128.18	1.34	99.96
14	121.15	1.43	
16	113.25	1.54	100
18	113.25	1.54	
20	110.62	1.58	99.98
22	108.86	1.61	
24	107.98	1.62	100
26	105.35	1.67	
28	104.47	1.68	100
30	103.59	1.70	
32	101.84	1.73	100
34	100.96	1.75	
36	98.33	1.80	100
38	96.57	1.84	
40	96.57	1.84	100

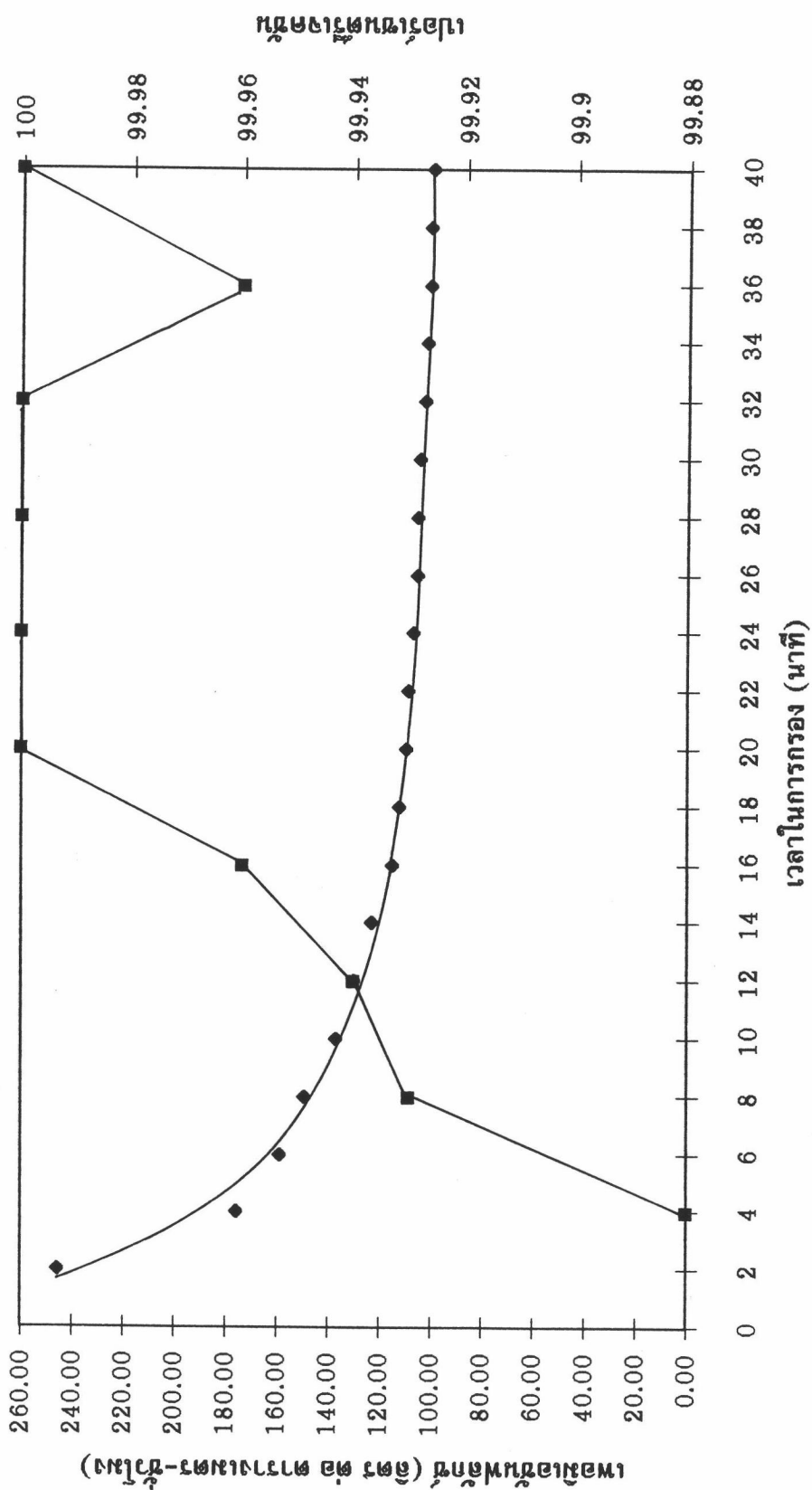


รูปแสดงผลการทดลองค่าเพอมีเอชันฟลักซ์และเปอร์เซนต์ไร้เจคชั่น ต่อ เวลา

ตารางแสดงค่าพหุมิเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซ็นตรีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน	6.5 กรัม ต่อ ลิตร
ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน	2.65 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น	1500 รอบ ต่อ นาที
ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับพหุมิเอท	0.663 บาร์

เวลา (นาที)	พหุมิเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ความต้านทานการกรอง (ต่อ เมตร)* $10^{12}$	% รีเจคชัน
2	245.82	0.81	
4	175.58	1.21	99.88
6	158.90	1.36	
8	149.24	1.46	99.93
10	136.95	1.61	
12	129.93	1.71	99.94
14	122.91	1.81	
16	115.01	1.95	99.96
18	112.37	2.00	
20	109.74	2.05	100
22	108.86	2.07	
24	107.11	2.11	100
26	105.35	2.15	
28	105.35	2.15	100
30	104.47	2.17	
32	102.72	2.21	100
34	101.84	2.23	
36	100.96	2.25	99.96
38	100.96	2.25	
40	100.08	2.27	100

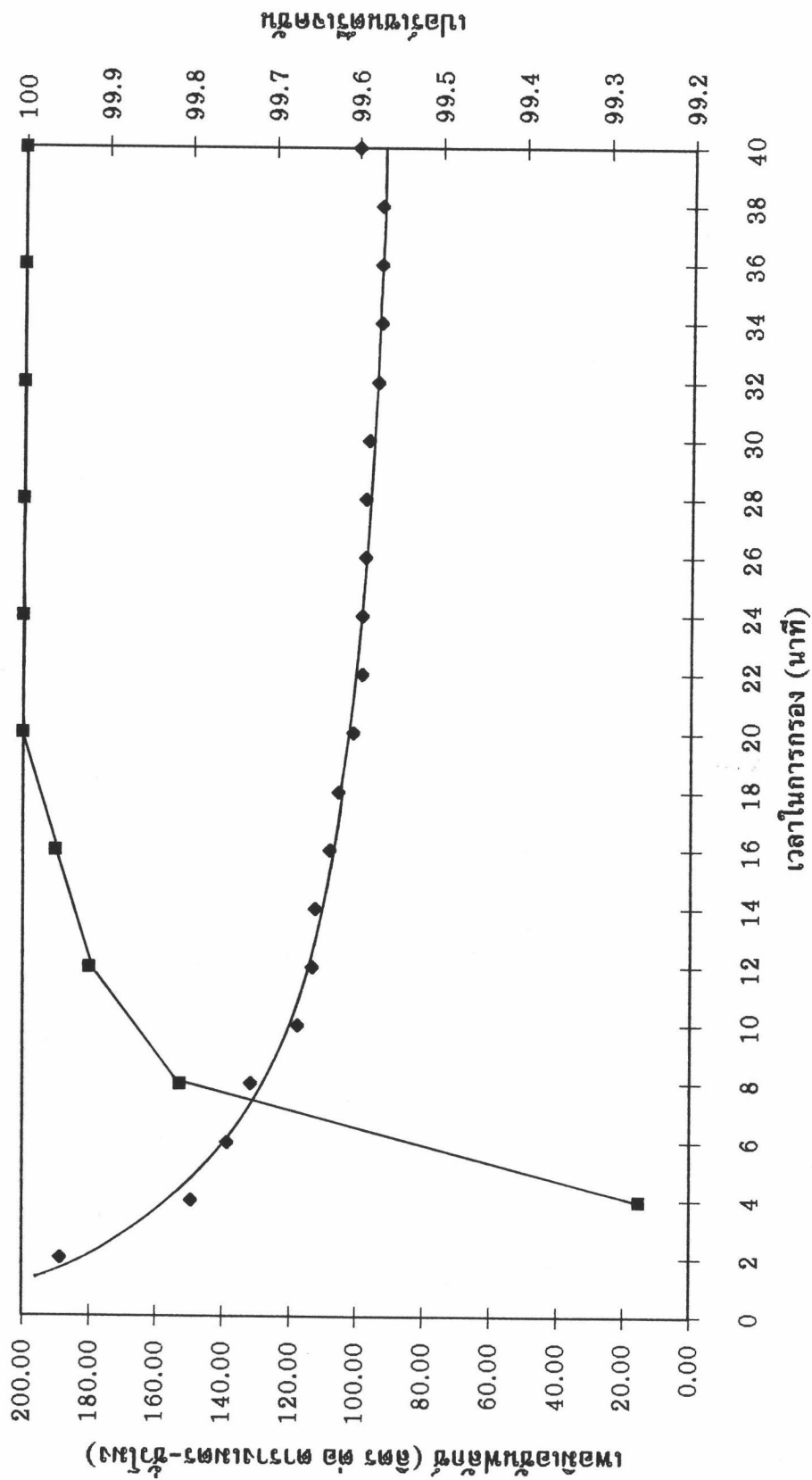


รูปแสดงผลการทดลองค่าเพอมีเอชันฟอสเฟตและเปอร์เซ็นต์รีเจคชั่น ต่อ เวลา

ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซนต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน	6.5 กรัม ต่อ ลิตร
ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน	2.65 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น	2000 รอบ ต่อ นาที
ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท	0.255 บาร์

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ความต้านทานการกรอง (ต่อเมตร <sup>-1</sup> )*10 <sup>12</sup>	% รีเจคชัน
2	188.75	0.31	
4	149.24	0.45	99.26
6	138.71	0.50	
8	131.69	0.53	99.81
10	117.64	0.62	
12	113.25	0.65	99.92
14	112.37	0.65	
16	107.98	0.69	99.96
18	105.35	0.71	
20	100.96	0.75	100
22	98.33	0.78	
24	98.33	0.78	100
26	97.45	0.78	
28	97.45	0.78	100
30	96.57	0.79	
32	93.94	0.82	100
34	93.06	0.83	
36	93.06	0.83	100
38	93.06	0.83	
40	100.08	2.27	100



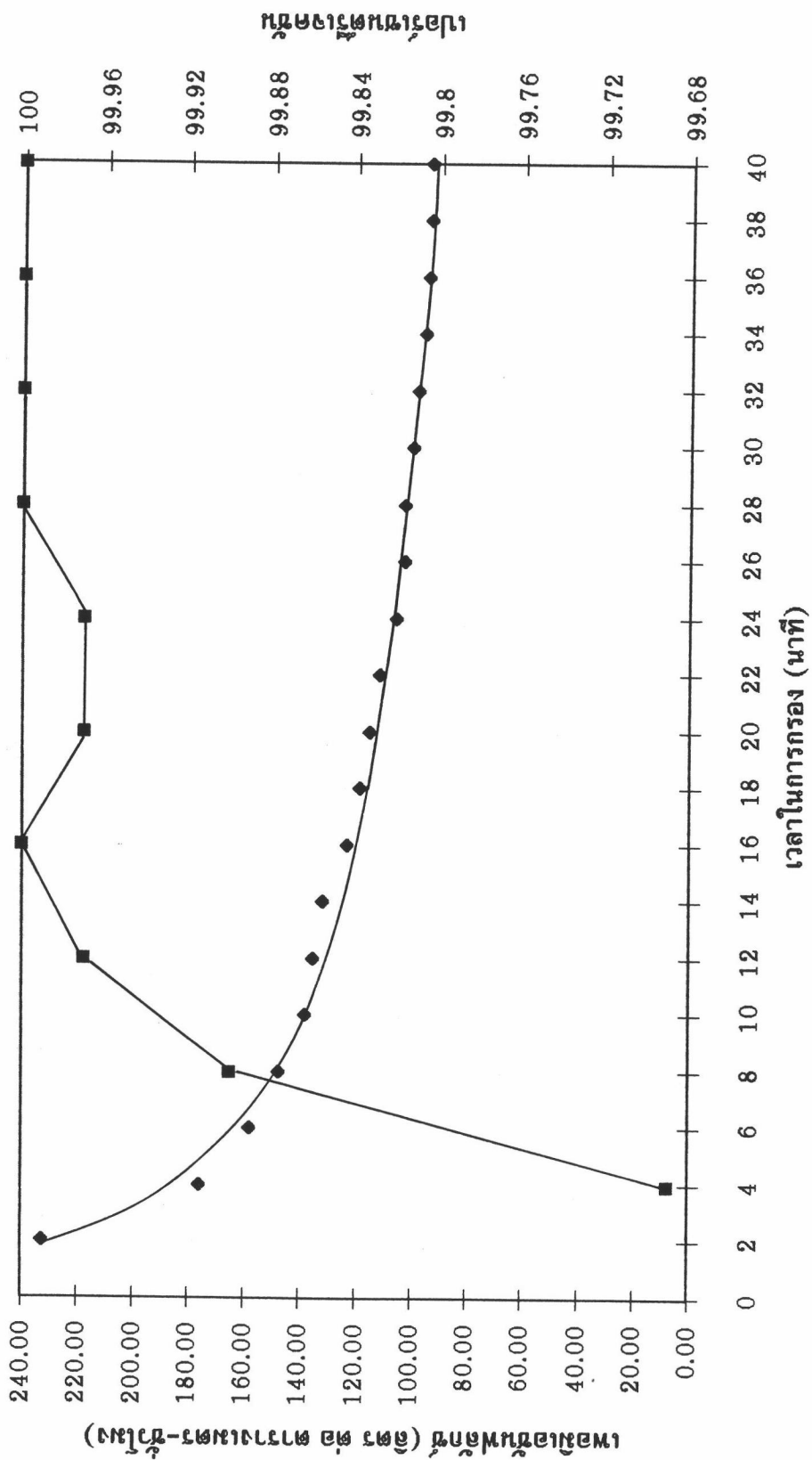
◆ เพอมีเอชันฟลักซ์ —■— % รีเจคชั่น

รูปแสดงผลการทดลองค่าเพอมีเอชันฟลักซ์และเปอร์เซนต์รีเจคชั่น ต่อ เวลา

ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน 6.5 กรัม ต่อ ลิตร  
 ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน 2.65 มิลลิเมตร  
 ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น 2000 รอบ ต่อ นาที  
 ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท 0.391 บาร์

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ความต้านทานการกรอง (ต่อเมตร <sup>-1</sup> )*10 <sup>12</sup>	% รีเจคชัน
2	232.65	0.44	
4	175.58	0.64	99.69
6	158.02	0.73	
8	147.49	0.80	99.9
10	137.83	0.87	
12	135.20	0.89	99.97
14	131.69	0.91	
16	122.91	0.99	100
18	118.52	1.04	
20	115.01	1.07	99.97
22	111.49	1.11	
24	105.35	1.19	99.97
26	102.72	1.22	
28	102.72	1.22	100
30	100.08	1.26	
32	98.33	1.29	100
34	95.69	1.33	
36	94.81	1.34	100
38	93.94	1.36	
40	93.94	1.36	100



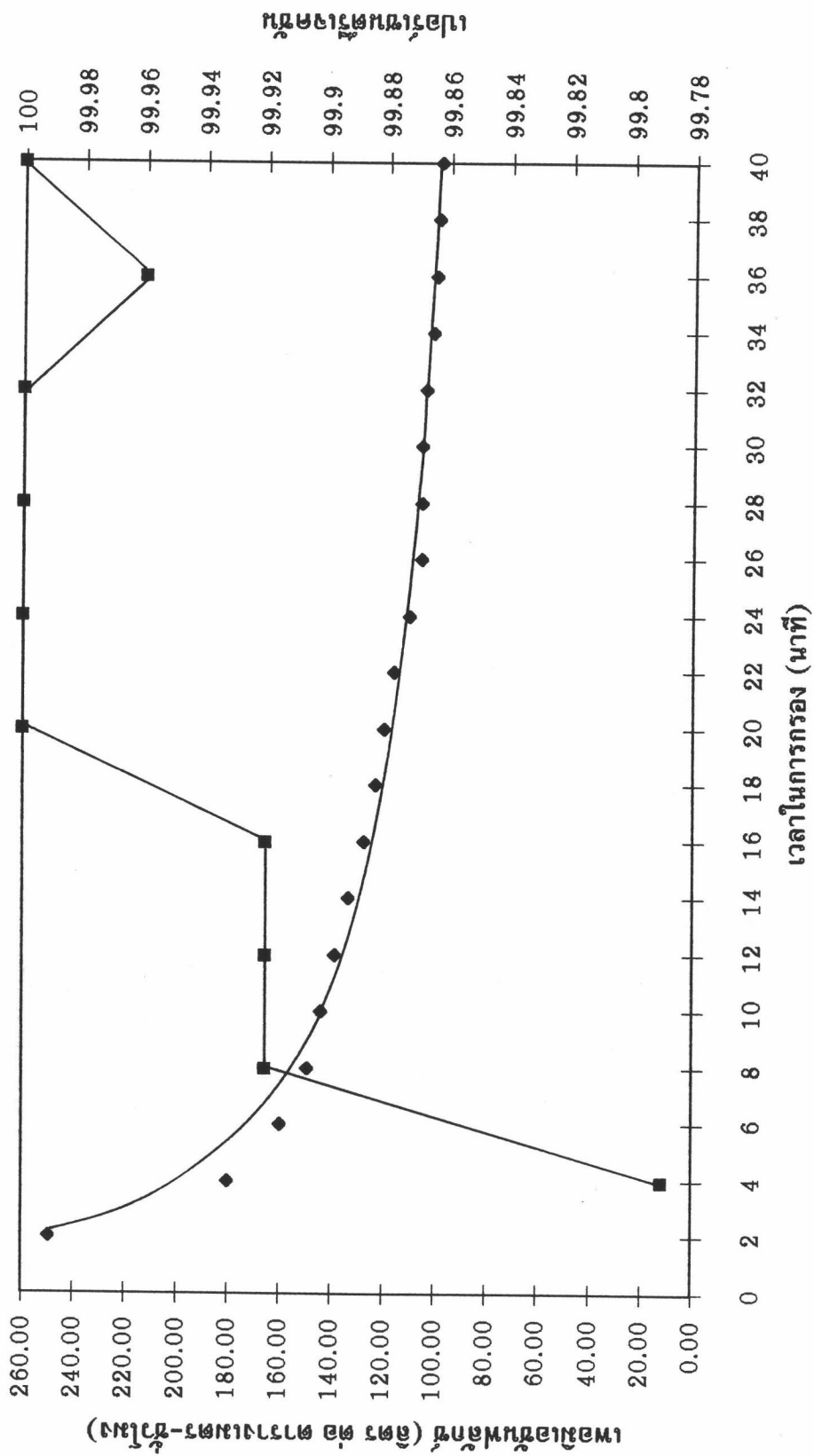
รูปแสดงผลการทดลองค่าเพอมีเอชันฟอสเฟตและเปอร์เซนต์ไร่เจดชั้น ต่อ เวลา



ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซนต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน	6.5 กรัม ต่อ ลิตร
ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน	2.65 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น	2000 รอบ ต่อ นาที
ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท	0.527 บาร์

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ความต้านทานการกรอง (เมตร <sup>-1</sup> )*10 <sup>12</sup>	% รีเจคชัน
2	249.33	0.60	
4	179.97	0.90	99.79
6	159.78	1.04	
8	149.24	1.12	99.92
10	143.98	1.17	
12	138.71	1.22	99.92
14	133.44	1.28	
16	127.30	1.35	99.92
18	122.91	1.40	
20	119.40	1.45	100
22	115.88	1.50	
24	109.74	1.59	100
26	105.35	1.67	
28	105.35	1.67	100
30	105.35	1.67	
32	103.59	1.70	100
34	100.96	1.75	
36	100.08	1.77	99.96
38	99.20	1.78	
40	98.33	1.80	100

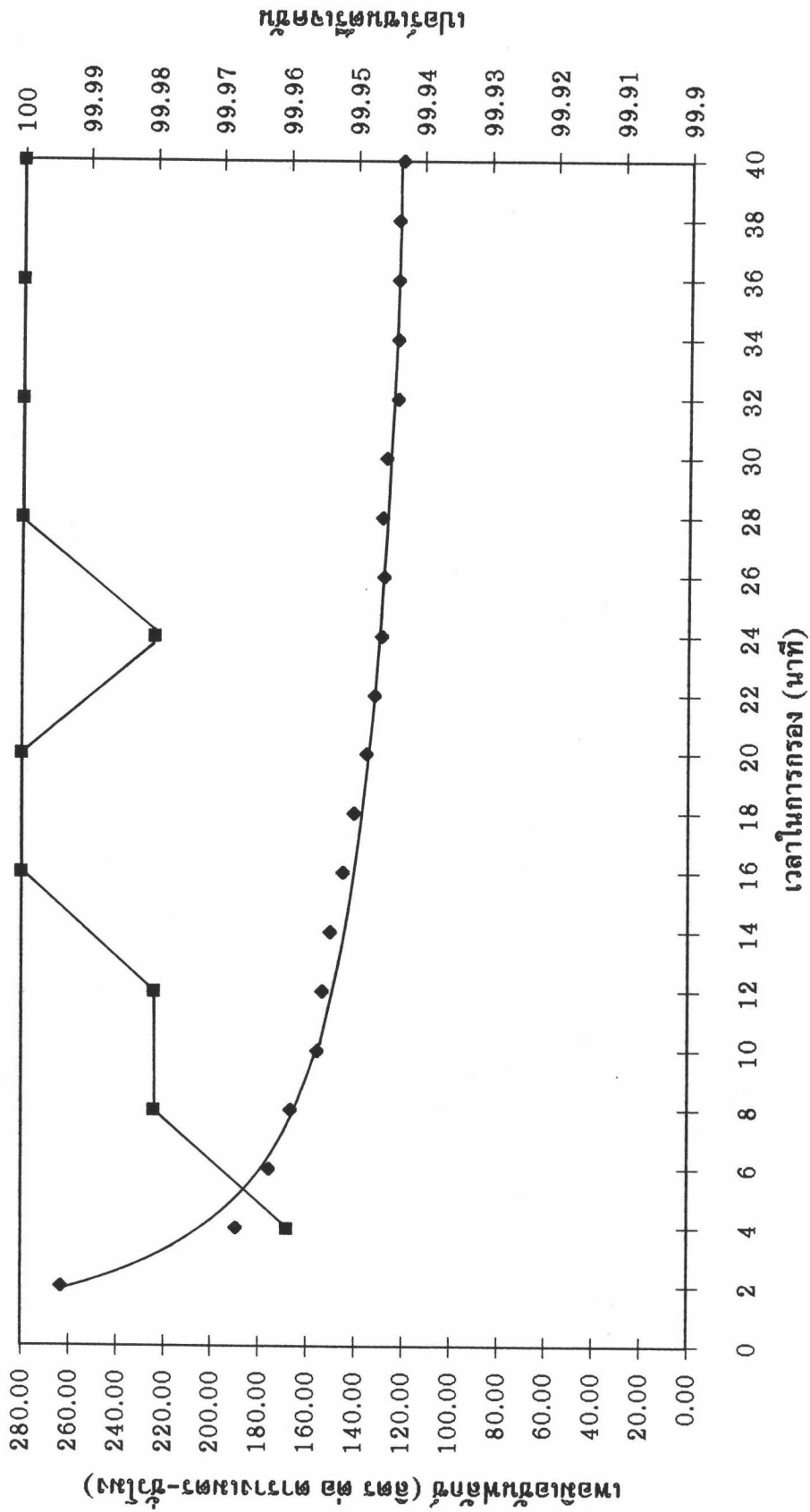


รูปแสดงผลการทดลองค่าเพอมีเอชันฟลักซ์และเปอร์เซ็นต์รีเจคชั่น ต่อ เวลา

ตารางแสดงค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ ความต้านทานการกรอง และ เปอร์เซนต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน	6.5 กรัม ต่อ ลิตร
ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน	2.65 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น	2000 รอบ ต่อ นาที
ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายสายป้อนกับเพอมีเอท	0.663 บาร์

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ความต้านทานการกรอง (ต่อ เมตร)* $10^{12}$	% รีเจคชัน
2	263.37	0.75	
4	189.63	1.11	99.96
6	175.58	1.21	
8	166.80	1.29	99.98
10	155.39	1.40	
12	153.63	1.41	99.98
14	150.12	1.45	
16	144.86	1.51	100
18	140.47	1.56	
20	135.20	1.63	100
22	131.69	1.68	
24	129.05	1.72	99.98
26	128.18	1.73	
28	129.05	1.72	100
30	127.30	1.74	
32	122.91	1.81	100
34	122.91	1.81	
36	122.91	1.81	100
38	122.91	1.81	
40	121.15	1.84	100



◆ เพอมีเอชันฟลักซ์ —■— % รีเจคชัน

รูปแสดงผลการทดลองค่าเพอมีเอชันฟลักซ์และเปอร์เซนต์รีเจคชัน ต่อ เวลา

ตารางแสดงผลทดลองการกรองแบบมีการไหลเวียนกลับของเซลล์

อัตราการป้อนน้ำหมัก = 12 ลิตร ต่อ ชั่วโมง

ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท = 0.663 บาร์

ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น = 2,000 รอบ ต่อ นาที

ความห่างของช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่น

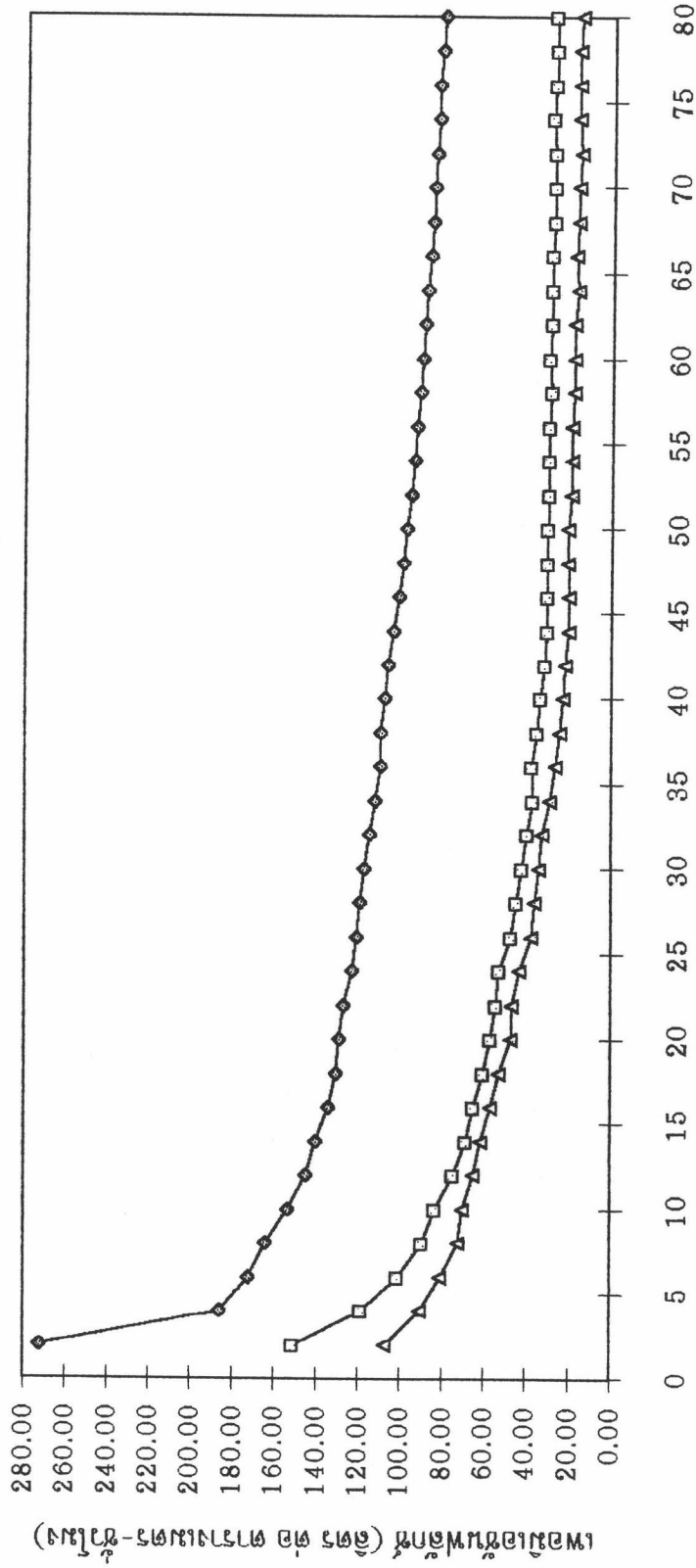
กับผนังท่อด้านใน = 2.65 มิลลิเมตร

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)		
	6.5 กรัม ต่อ ลิตร	15 กรัม ต่อ ลิตร	20 กรัม ต่อ ลิตร
2	272.15	151.00	107.10
4	186.11	118.52	90.42
6	172.07	100.96	80.77
8	164.17	89.55	71.99
10	153.63	83.40	70.23
12	144.85	74.62	64.96
14	140.46	68.48	61.45
16	134.32	64.96	57.06
18	130.81	60.58	52.67
20	129.05	57.06	47.41
22	127.30	54.43	46.53
24	122.91	52.67	43.02
26	121.15	47.41	37.75
28	119.39	44.77	35.99
30	117.64	42.14	34.24
32	115.00	39.51	32.48
34	112.37	36.87	28.97
36	109.74	37.75	26.34
38	109.74	35.12	24.58



ตารางแสดงผลทดลองการกรองแบบมีการไหลเวียนกลับของเซลล์ (ต่อ)

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)		
	6.5 กรัม ต่อ ลิตร	15 กรัม ต่อ ลิตร	20 กรัม ต่อ ลิตร
40	107.9817	33.3602	22.8254
42	106.2259	31.6044	21.9475
44	103.5922	30.7265	20.1917
46	100.9585	30.7265	20.1917
48	99.2027	30.7265	21.0696
50	97.4469	30.7265	21.0696
52	95.6911	29.8486	19.3138
54	93.9353	29.8486	19.3138
56	93.0574	29.8486	19.3138
58	91.3016	28.9707	18.4359
60	90.4237	29.8486	18.4359
62	89.5458	28.9707	18.4359
64	88.6679	28.9707	16.6801
66	86.9121	28.9707	17.558
68	86.0342	28.0928	16.6801
70	85.1563	28.0928	16.6801
72	84.2784	28.0928	15.8022
74	83.4005	28.9707	16.6801
76	83.4005	28.0928	16.6801
78	81.6447	27.2149	16.6801
80	80.7668	28.0928	15.8022



เวลาในการกรอง (นาที)

—◆— 6.5 กรัม ต่อ ลิตร    —□— 15 กรัม ต่อ ลิตร    —▲— 20 กรัม ต่อ ลิตร

รูปแสดงผลการทดลองการกรองแบบมีการไหลเวียนกลับเซลล์

ตารางแสดงผลทดลองการกรองเซลล์ที่ความเข้มข้น 15 กรัม ต่อ ลิตร

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน = 15 กรัม ต่อ ลิตร

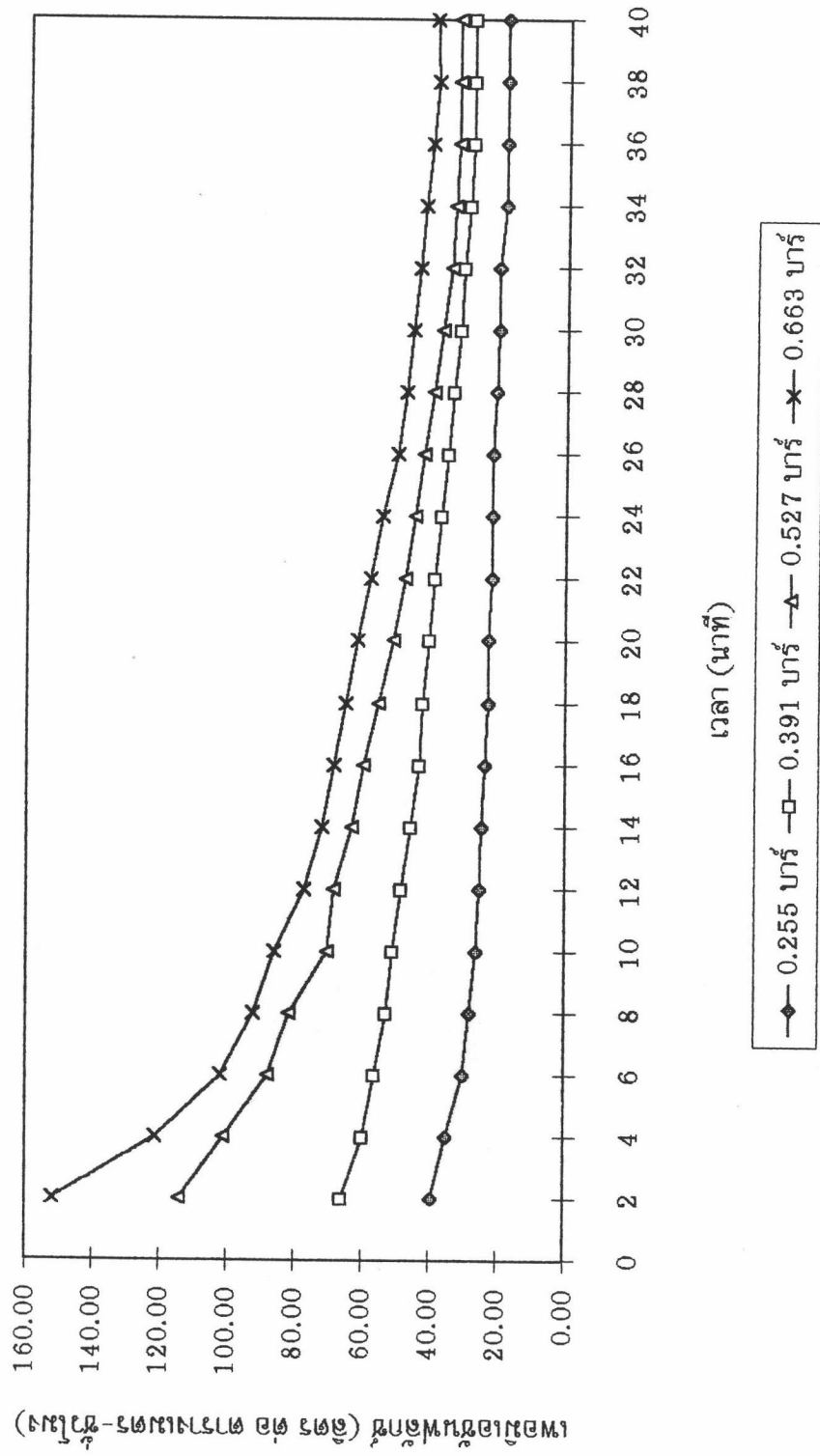
อัตราการป้อนน้ำหมัก = 12 ลิตร ต่อ ชั่วโมง

ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน = 2.65 มิลลิเมตร

ความเร็วรอบการหมุน = 2000 รอบ ต่อ นาที

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)			
	0.255 บาร์	0.391 บาร์	0.527 บาร์	0.663 บาร์
2	39.51	65.84	114.13	151.88
4	35.12	59.70	100.96	121.15
6	29.85	56.19	87.79	101.84
8	28.09	52.67	81.65	92.18
10	26.34	50.92	70.23	86.04
12	25.46	48.29	68.48	77.26
14	24.58	45.65	63.21	71.99
16	23.70	43.02	59.70	68.48
18	22.83	42.14	55.31	64.97
20	22.83	40.38	50.92	61.45
22	21.95	38.63	47.41	57.94
24	21.95	36.87	44.77	54.43
26	21.95	35.12	42.14	50.04
28	21.07	33.36	39.51	47.41
30	20.19	31.60	36.87	45.65
32	20.19	30.73	34.24	43.90
34	18.44	28.97	33.36	42.14
36	18.44	28.09	32.48	40.38
38	18.44	28.09	32.48	38.63
40	18.44	28.09	32.48	39.51



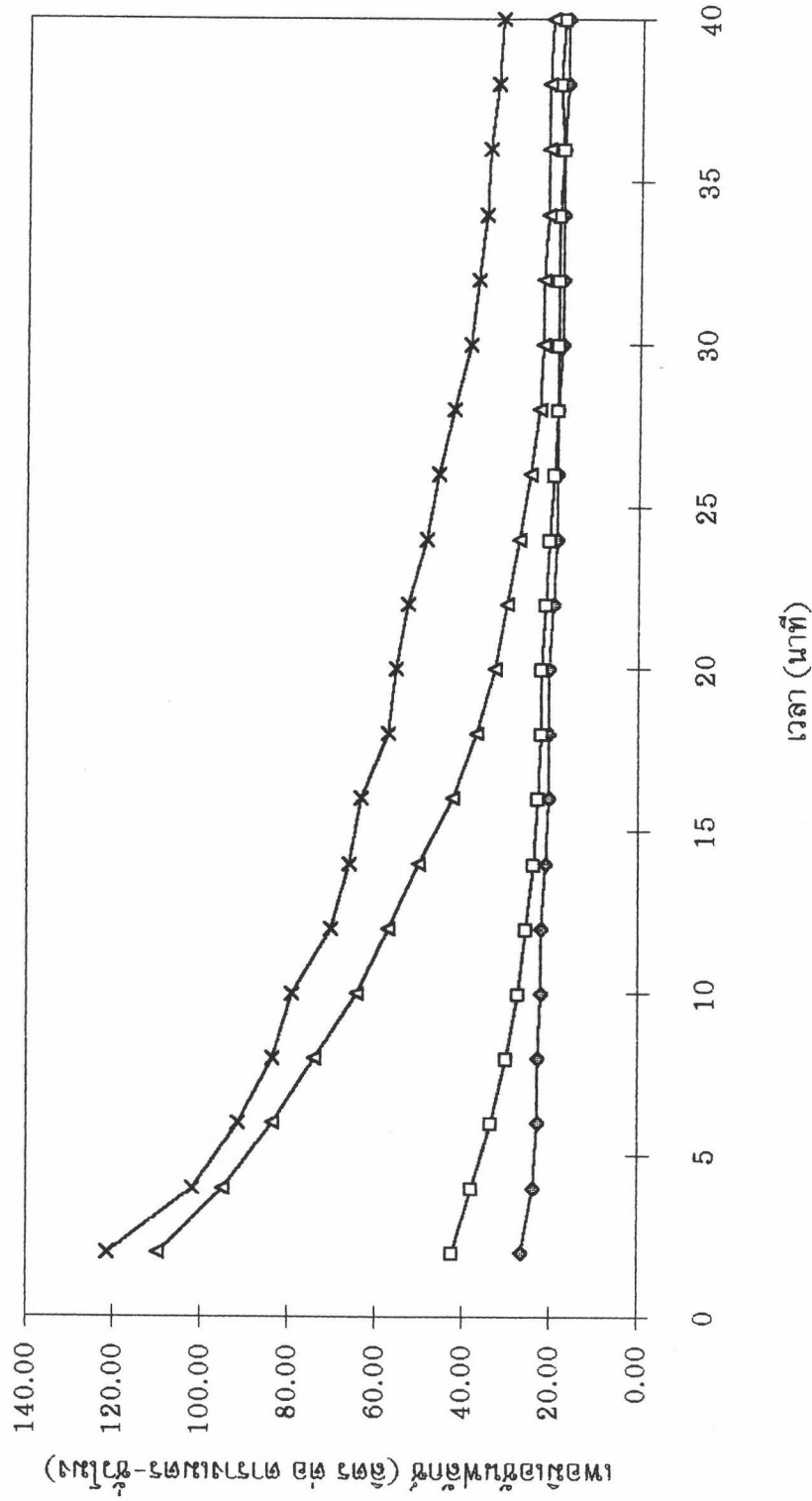


รูปแสดงผลทดลองระหว่างเพอมีเอชันพลักซ์กับเวลาที่ความเข้มข้นเซลล์ 15 กรัมต่อลิตร  
 ความเร็วรอบการหมุน 2000 รอบต่อนาที

ตารางแสดงผลทดลองการกรองเซลล์ที่ความเข้มข้น 20 กรัม ต่อ ลิตร

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน = 20 กรัม ต่อ ลิตร  
 อัตราการป้อนน้ำหมัก = 12 ลิตร ต่อ ชั่วโมง  
 ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน = 2.65 มิลลิเมตร  
 ความเร็วรอบการหมุน = 2000 รอบ ต่อ นาที

เวลา (นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)			
	0.255 บาร์	0.391 บาร์	0.527 บาร์	0.663 บาร์
2	26.34	42.14	109.74	121.15
4	23.70	37.75	94.81	101.84
6	22.83	33.36	83.40	91.30
8	22.83	29.85	73.74	83.40
10	21.95	27.22	64.09	79.01
12	21.95	25.46	57.06	70.23
14	21.07	23.70	50.04	65.84
16	20.19	22.83	42.14	63.21
18	20.19	21.95	36.87	57.06
20	20.19	21.95	32.48	55.31
22	19.31	21.07	29.85	52.67
24	18.44	20.19	27.22	48.29
26	18.44	19.31	24.58	45.65
28	18.44	18.44	22.83	42.14
30	17.56	18.44	21.95	38.63
32	17.56	18.44	21.95	36.87
34	17.56	18.44	21.07	35.12
36	17.56	17.56	21.07	34.24
38	16.68	18.44	21.07	32.48
40	16.68	17.56	20.19	31.60



—◆— 0.255 บาร์ —□— 0.391 บาร์ —▲— 0.527 บาร์ —×— 0.663 บาร์

รูปแสดงผลทดลองระหว่างเพอมีเอชันฟลักซ์กับเวลาที่ความเข้มข้นเซลล์ 20 กรัมต่อลิตร

ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น 2000 รอบต่อนาที

ภาคผนวก ข.

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ กับ ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน = 6.5 กรัม ต่อ ลิตร  
 อัตราการป้อนน้ำหมัก = 12 ลิตร ต่อ ชั่วโมง  
 ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน = 2.65 มิลลิเมตร

ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้าน สารละลายป้อนกับเพอมีเอท(บาร์)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)				
	เยื่อแผ่นอยู่กับที่	500 รอบต่อนาที	1000 รอบต่อนาที	1500 รอบต่อนาที	2000 รอบต่อนาที
0.119	6	18	40	55	
0.255	8	24	57	82	98
0.391	10	25	60	100	110

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานการกรอง กับ ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท

ความเข้มข้นเกลือในสายป้อน = 6.5 กรัม ต่อ ลิตร

อัตราการป้อนน้ำหมัก = 12 ลิตร ต่อ ชั่วโมง

ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน = 2.65 มิลลิเมตร

ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้าน สารละลายป้อนกับเพอมีเอท(บาร์)	ความต้านทานการกรองเนื่องจากการอุดตันของเยื่อแผ่น (เมตร <sup>-1</sup> )				
	เยื่อแผ่นอยู่กับที่	500 รอบต่อนาที	1000 รอบต่อนาที	1500 รอบต่อนาที	2000 รอบต่อนาที
0.119	7.16E+12	2.26E+12	9.17E+11	6.16E+11	
0.255	1.16E+13	3.75E+12	1.47E+12	9.66E+11	7.78E+11
0.391	1.43E+13	5.61E+12	2.23E+12	1.26E+12	1.13E+12
0.527	1.76E+13	7.33E+12	2.91E+12	1.59E+12	1.44E+12
0.663	2.03E+13	8.59E+12	3.59E+12	1.97E+12	1.70E+12

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น กับ เพอมีเอชันฟลักซ์

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน = 6.5 กรัม ต่อ ลิตร  
 อัตราการป้อนน้ำหมัก = 12 ลิตร ต่อ ชั่วโมง  
 ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน = 2.65 มิลลิเมตร

ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น (รอบ ต่อ นาที)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)				
	0.119 บาร์	0.255 บาร์	0.391 บาร์	0.527 บาร์	0.663 บาร์
0	6	8	10	11	12
500	18	24	25	26	28
1000	40	57	60	63	65
1500	55	82	100	110	114
2000		98	110	120	130

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือน กับ ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน = 6.5 กรัม ต่อ ลิตร  
 อัตราการป้อนน้ำหมัก = 12 ลิตร ต่อ ชั่วโมง  
 ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน = 2.65 มิลลิเมตร

ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น (รอบต่อนาที)	แรงเฉือน (วินาที <sup>-1</sup> )
500	3600
1000	10179
1500	18700
2000	28791

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานการกรองเนื่องจากการอุดตันของเยื่อแผ่น กับ แรงเฉือน

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน = 6.5 กรัม ต่อ ลิตร

อัตราการป้อนน้ำหมัก = 12 ลิตร ต่อ ชั่วโมง

ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน = 2.65 มิลลิเมตร

แรงเฉือน (วินาที <sup>-1</sup> )	ความต้านทานการกรองเนื่องจากการอุดตันของเยื่อแผ่น (เมตร <sup>-1</sup> )				
	0.119 บาร์	0.255 บาร์	0.391 บาร์	0.527 บาร์	0.663 บาร์
3600	2.26E+12	3.75E+12	5.61E+12	7.33E+12	8.59E+12
10179	9.17E+11	1.47E+12	2.23E+12	2.91E+12	3.59E+12
18700	6.16E+11	9.66E+11	1.26E+12	1.59E+12	1.97E+12
28791		7.78E+11	1.13E+12	1.44E+12	1.70E+12



ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ กับ ค่าเพย์เลอร์นัมเบอร์

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน = 6.5 กรัม ต่อ ลิตร

อัตราการป้อนน้ำหมัก = 12 ลิตร ต่อ ชั่วโมง

ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน = 2.65 มิลลิเมตร

เพย์เลอร์นัมเบอร์	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)				
	0.119 บาร์	0.255 บาร์	0.391 บาร์	0.527 บาร์	0.663 บาร์
0	6	8	10	11	12
1112	18	24	25	26	28
2224	40	57	60	63	65
3336	55	82	100	110	114
4448		98	110	120	130

ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ของการกรองด้วยเครื่องกรองชนิดหมุนได้ ที่ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น 1500 รอบต่อนาที กับการกรองขณะเยื่อแผ่นอยู่กับที่

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน = 6.5 กรัม ต่อ ลิตร

อัตราการป้อนน้ำหมัก = 12 ลิตร ต่อ ชั่วโมง

ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน = 2.65 มิลลิเมตร

ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้าน สารละลายป้อนกับเพอมีเอท(บาร์)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	
	เยื่อแผ่นอยู่กับที่	1500 รอบต่อนาที
0.119	6	55
0.255	8	82
0.391	10	100
0.527	11	110
0.663	12	114

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพหุคูณเชิงเส้นกับ เวลา เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อตามใน

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน

= 6.5 กรัม ต่อ ลิตร

อัตราการป้อนน้ำหมัก

= 12 ลิตร ต่อ ชั่วโมง

ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับพหุคูณเอท = 0.663 บาร์

เวลา (นาที)	ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อตามใน								
	2.65 มิลลิเมตร			4.25 มิลลิเมตร			5.60 มิลลิเมตร		
	1500 รอบต่อนาที	2000 รอบต่อนาที	1500 รอบต่อนาที	2000 รอบต่อนาที	1500 รอบต่อนาที	2000 รอบต่อนาที	1500 รอบต่อนาที	2000 รอบต่อนาที	1500 รอบต่อนาที
2	245.82	263.37	233.52	241.43	222.99	237.04			
4	175.58	184.36	151	170.32	141.34	164.17			
6	158.9	175.58	144.86	151.88	129.93	143.98			
8	149.24	166.8	136.95	138.71	123.79	131.69			
10	136.95	155.39	125.54	129.93	116.76	121.15			
12	129.93	153.63	115.88	122.91	112.37	114.13			
14	122.91	150.12	106.23	118.52	104.47	107.11			
16	115.01	144.86	101.84	114.13	98.33	105.35			
18	112.37	140.47	96.57	111.5	91.3	100.96			

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ กับ เวลา เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อตันใน(ต่อ)

20	109.74	135.2	96.57	111.5	88.67	98.33
22	108.86	131.69	94.81	109.74	85.16	96.57
24	107.11	129.05	87.79	105.35	84.28	92.18
26	105.35	128.18	87.79	103.6	82.52	87.79
28	105.35	129.05	86.04	103.6	82.52	86.03
30	104.47	127.3	84.23	100.96	81.65	84.28
32	102.72	122.91	81.65	100.96	80.77	84.28
34	101.84	122.91	80.77	99.2	79.89	83.4
36	100.96	122.91	80.77	98.33	79.89	82.52
38	100.96	122.91	79.89	97.45	79.01	82.52
40	100.08	121.15	79.89	97.45	79.01	82.52

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพอมิเอชันฟลักซ์ กับ ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อตันใน

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน} &= 6.5 \text{ กรัม ต่อ ลิตร} \\ \text{อัตราการป้อนน้ำหมัก} &= 12 \text{ ลิตร ต่อ ชั่วโมง} \\ \text{ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับพอมิเอท} &= 0.663 \text{ บาร์} \end{aligned}$$

ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อตันใน (มิลลิเมตร)	พอมิเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)	
	1500 รอบต่อนาที	2000 รอบต่อนาที
2.65	115	130
4.25	100	110
5.60	86	92

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือน กับ ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อตันใน

ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน = 6.5 กรัม ต่อ ลิตร

อัตราการป้อนน้ำหมัก = 12 ลิตร ต่อ ชั่วโมง

ผลต่างความดันที่ผิวเยื่อแผ่นด้านสารละลายป้อนกับเพอมีเอท = 0.663 บาร์

ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อตันใน (มิลลิเมตร)	แรงเฉือน (วินาที <sup>-1</sup> )	
	1500 รอบต่อนาที	2000 รอบต่อนาที
2.65	18700.45	28791.22
4.25	16484.95	25380.24
5.6	15287.75	23537.03

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ กับ ความเข้มข้นเซลล์ในสายป้อน

อัตราการป้อนน้ำหมัก = 12 ลิตร ต่อ ชั่วโมง

ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน = 2.65 มิลลิเมตร

ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น = 2000 รอบต่อนาที

ความเข้มข้นเซลล์ (กรัมต่อลิตร)	เพอมีเอชันฟลักซ์ (ลิตร ต่อ ตารางเมตร-ชั่วโมง)		
	0.255 บาร์	0.391 บาร์	0.527 บาร์
6.5	98	110	120
15	25	35	40
20	20	22	25
			0.663 บาร์
			130
			45
			38

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานการกรองเนื่องจากการอุดตันของเยื่อแผ่น กับ ความเข้มข้นเซลล์

อัตราการป้อนน้ำหมัก = 12 ลิตร ต่อ ชั่วโมง

ช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นกับผนังท่อด้านใน = 2.65 มิลลิเมตร

ความเร็วรอบการหมุนของเยื่อแผ่น = 2000 รอบต่อนาที

ความเข้มข้นของเซลล์ (กรัมต่อลิตร)	ความต้านทานการกรองเนื่องจากการอุดตันของเยื่อแผ่น (เมตร <sup>-1</sup> )		
	0.255 บาร์	0.391 บาร์	0.527 บาร์
6.5	7.78E+11	1.13E+12	1.44E+12
15	3.59E+12	3.95E+12	4.70E+12
20	4.54E+12	6.40E+12	7.63E+12





## ประวัติผู้เขียน

นาย วุฒิพงศ์ บุญนายวา เกิดวันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2514 สำเร็จการศึกษา  
ระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนเทพศิรินทร์ และสำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ในปีการศึกษา 2534