

## รายการอ้างอิง

1. Frey, R.G. Compaction Behavior of Spray-Dried Alumina. J,Am.Ceram.Soc 67 (1984): 199-203.
2. Ackley, G.A. and Reed, J.S. Body Parameters Affecting Extrusion : 193-200.
3. Irwin, M.L. Porosity in Extruder Cellular Ceramics : 201-211.
4. Schuetz, J.E. Methylcellulose Polymers as Binders for Extrusion of Ceramics. Ceramic Bulletin. 65 (1986): 1556-1559.
5. Berry, K.A., and Harmer, M.P., Effect of MgO Solute on Microstructure Development in Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. J.Am.Ceram.Soc. 69 (1986):143-149
6. Benbow, J.J., Lawson, T.A., Oxley, E.W. and Bridgwater, J. Prediction of Paste Extrusion Pressure. Ceramic Bulletin. 68 (1989): 1821-1824
7. Yue-Sheng, L., and Burggraaf, A.J., Preparation and Characterization of High-Temperature Themally Stable Alumina Comprsite Membrane. J.Am.Ceram.Soc. 74 (1991):219-224
8. Tanaka, H., Fukai, S., Uchida, N. and Uematsu, K. Effect of Moisture on the Structure and Fracture Strength of Ceramic Green Bodies. Journal of the American Ceramic Society. 77 (1993): 3077-3080.
9. Chan, T.Y. and Lin, S.T. Effects of Stearic Acid on the Injection Modeling of Alumina. J. Am. Ceram, Soc. 78 (1995): 2746-2752.
10. Yuh, T., Sacks, M., Effect of Particle Size Distribution on the sintering of Alumina. J.Am.Ceram.Soc. 71(1988):484-487
11. Taniguchi, M., Kotane, N., and Kobayashi, T., High Concentration Cultivation of Bifidlbacterium Longum in Fermenter with Cross-Flow Filtration. Appl.Microbiol Biotechnol. 25 (1987):438-441
12. Afschar, A.S., Biebl, H., Schaller, K. and Schugerl, K. Production of Aceton and Butanol by Clostriduum acetobytylicum in Continous Culture with Cell Recycle. Appl.Microbiol.Biotechnol. 22 (1985): 394-398.
13. Pierrot, P., Fick, M. and Engasser, J.M. Continuous Acetone-Butanol Fermentation with High Productivity by Cell Ultrafiltration and Recycling. Biotechnology Letters 8 (1986): 253-256.

14. Muenduen, P. Application of Ultrafiltration for Improvement Productivity in Continuous Acetone-Butanol Fermentation. Master's Thesis Chulalongkorn University, (1989).
15. Ishizaki, A., Takasaki, S., and Furuta, Y., Cell-Recycled Fermentation of Glutamate Using a Novel Cross-Flow Filtration System with Constant Air Supply. J.Fer.Bio. 76 (1993):316-320
16. Sittinun, T. A High Alumina Ceramic Filter for Bioseparation. Master's Thesis Chulalongkorn University, (1996).
17. Apichart, S. Production of Poly- $\beta$ -Hydroxybutyrate by *Alcaligenes eutroplus* ATCC 17697 in a Bioreactor Coupling with Microfiltration. Master's Thesis Chulalongkorn University, (1996).
18. Singer, F. Industrial ceramics. London:Chapman & Hall ., Ltd, (1963)
19. ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. เซรามิกส์. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.  
พิมพ์ครั้งที่ 3/2535
20. Kingery, W.D., Bowen, H.K. and Uhlmann, D.R., Introduction to ceramic ., John Wiley & Sons (SEA), Pte.ltd, (1991)
21. Richerson, D.W., Modern ceramic engineering ., New York., Marcel dekker, Inc, (1982)
22. Reed, J.S., Introduction to the principles of ceramic processing ., John Wiley & Sons (SEA), Pte.ltd, (1989)
23. Blatt, W. F., Dravid, A. S., Michaels, S., and Nelson, L.  
In Membrane Science and Technology. Plenum, New York., 1970
24. Zheng, J., and Reed, J.S. Ceramic extrusion with PEG., American ceramic society bulletin. 73,(12),(1994)
25. Anderson, M.A., Gieselmann, M.J., and Qunyin, X., Titania and Alumina Ceramic Membrane. J.Memb.Sci. 39 (1988):243-258
26. Nevers, N.D., Fluid mechanics for chemical engineerings. second edition, Mc Graw-Hill, Inc., (1991)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตาราง ก.1 แสดงปริมาตรรูพรุน ที่ขนาดของอะลูมินา 5.52 และ 18.91 ไมโครเมตร และอุณหภูมิในการเผาที่ 1200 1300 และ 1400 องศาเซลเซียสในหน่วยมิลลิกรัมต่อกรัม

ขนาดอะลูมินา (ไมโครเมตร)	อุณหภูมิในการเผาในหน่วยองศาเซลเซียส		
	1200	1300	1400
5.52	0.0986	0.0761	0.0505
18.91	0.1161	0.0824	0.0774

ตาราง ก.2 แสดงขนาดของรูพรุน ที่ขนาดของอะลูมินา 5.52 และ 18.91 ไมโครเมตร และอุณหภูมิในการเผาที่ 1200 1300 และ 1400 องศาเซลเซียสในหน่วยอังสตรอม

ขนาดอะลูมินา (ไมโครเมตร)	อุณหภูมิในการเผาในหน่วยองศาเซลเซียส		
	1200	1300	1400
5.52	7116	6697	5896
18.91	11166	9366	9274

ตาราง ก.3 แสดงความหนาแน่นเชิงมวลรวม ที่ขนาดของอะลูมินา 5.52 และ 18.91 ไมโครเมตร และอุณหภูมิในการเผาที่ 1200 1300 และ 1400 องศาเซลเซียสในหน่วยกรัมต่อมิลลิกรัม

ขนาดอะลูมินา (ไมโครเมตร)	อุณหภูมิในการเผาในหน่วยองศาเซลเซียส		
	1200	1300	1400
5.52	4.37	5.05	5.19
18.91	3.85	4.64	4.63

ตาราง ก.4 แสดงความพรุนตัว ที่ขนาดของอะลูมินา 5.52 และ 18.91 ไมโครเมตร และอุณหภูมิในการเผาที่ 1200 1300 และ 1400 องศาเซลเซียสในหน่วยเปอร์เซ็นต์

ขนาดอะลูมินา (ไมโครเมตร)	อุณหภูมิในการเผาในหน่วยองศาเซลเซียส		
	1200	1300	1400
5.52	43.06	38.39	33.18
18.91	44.75	38.84	35.83

ตาราง ก.5 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของอะลูมินาขนาด 5.52 ไมโครเมตร ที่อุณหภูมิในการเผา 1300 องศาเซลเซียสที่ปริมาณน้ำในการผสมต่างๆ กัน

ปริมาณน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาตรรูพรุน (มิลลิลิตรต่อกรัม)	ขนาดของรูพรุน (อังสตรอม)	ความหนาแน่น เชิงมวลรวม (กรัมต่อมิลลิลิตร)	ความพรุนตัว (เปอร์เซ็นต์)
13.5	0.0663	6529	5.27	26.29
14.0	0.0761	6697	5.05	38.39
15.0	0.0748	7294	3.83	38.64
16.0	0.1207	8240	3.72	44.86

ตาราง ก.6 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ต่างๆของอะลูมินาขนาด 18.91 ไมโครเมตร ที่อุณหภูมิในการเผา 1300 องศาเซลเซียส และปริมาณน้ำในการผสมต่างๆกัน

ปริมาณน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาตรรูพรุน (มิลลิลิตรต่อกรัม)	ขนาดของรูพรุน (อังสตรอม)	ความหนาแน่น เชิงมวลรวม (กรัมต่อมิลลิลิตร)	ความพรุนตัว (เปอร์เซ็นต์)
14.0	0.0617	9593	4.86	28.16
14.5	0.0824	9366	4.64	38.84
15.5	0.1076	10055	3.59	39.63
16.5	0.1290	11166	3.58	46.36

ตาราง ก.7 แสดงการกรองน้ำที่อัตราการไหล 1.8 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ขนาดอนุภาค 18.91 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ความดัน					
	1.7 กิโลปาสกาล		6.9 กิโลปาสกาล		13.8 กิโลปาสกาล	
	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$
0						
5	38	3.51	78	7.21	120	11.10
10	39	3.61	79	7.31	123	11.38
15	40	3.70	80	7.40	125	11.56
20	41	3.79	82	7.58	125	11.56
25	41	3.79	82	7.58	125	11.56
30	41	3.79	82	7.58	125	11.56

ตาราง ก.8 แสดงการกรองน้ำที่อัตราการไหล 1.86 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ขนาดอนุภาค 18.91 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ความดัน					
	1.7 กิโลปาสกาล		6.9 กิโลปาสกาล		13.8 กิโลปาสกาล	
	ปริมาตร/วินาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	ปริมาตร/วินาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	ปริมาตร/วินาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$
0						
5	41	3.79	82	7.58	125	11.56
10	42	3.88	84	7.77	126	11.65
15	43	3.98	86	7.95	128	11.84
20	43	3.98	87	8.05	129	11.93
25	43	3.98	87	8.05	129	11.93
30			87	8.05	129	11.93



ตาราง ก.9 แสดงการกรองน้ำที่อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ขนาดอนุภาค 18.91 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ความดัน					
	1.7 กิโลปาสกาล		6.9 กิโลปาสกาล		13.8 กิโลปาสกาล	
	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$
0						
5	40	3.70	88	8.14	133	12.30
10	42	3.88	89	8.23	135	12.49
15	44	4.07	90	8.32	135	12.49
20	45	4.16	90	8.32	135	12.49
25	45	4.16	90	8.32		
30	45	4.16				

ตาราง ก.10 แสดงการกรองน้ำที่อัตราการไหล 1.8 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ขนาดอนุภาค 5.52 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ความดัน					
	1.7 กิโลปาสกาล		6.9 กิโลปาสกาล		13.8 กิโลปาสกาล	
	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$
0						
5	13	1.20	25	2.31	40	3.70
10	14	1.29	26	2.40	41	3.79
15	14	1.29	28	2.59	42	3.88
20	14	1.29	28	2.59	42	3.88
25			28	2.59	42	3.88
30						

ตาราง ก.11 แสดงการกรองน้ำที่อัตราการไหล 1.86 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ขนาดอนุภาค 5.52 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ความดัน					
	1.7 กิโลปาสกาล		6.90 กิโลปาสกาล		13.8 กิโลปาสกาล	
	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$
0						
5	18	1.66	30	2.77	44	4.07
10	19	1.76	32	2.96	44	4.07
15	20	1.85	32	2.96	44	4.07
20	20	1.85	32	2.96		
25	20	1.85				
30						

ตาราง ก.12 แสดงการกรองน้ำที่อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ขนาดอนุภาค 5.52 ไมโครเมตร

ความดัน						
เวลา (นาที)	1.7 กิโลปาสกาล		6.9 กิโลปาสกาล		13.8 กิโลปาสกาล	
	ปริมาตร/รณาทิ (มิลลิลิตร)	เพอร์มิอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	ปริมาตร/รณาทิ (มิลลิลิตร)	เพอร์มิอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	ปริมาตร/รณาทิ (มิลลิลิตร)	เพอร์มิอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$
0						
5	22	2.03	33	3.05	49	4.53
10	23	2.13	35	3.24	50	4.62
15	24	2.22	37	3.42	50	4.62
20	24	2.22	37	3.42	50	4.62
25	24	2.22	37	3.42		
30						

ตาราง ก.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับเพอร์มิเอชันฟลักซ์ของน้ำที่อัตราการไหลต่างๆ  
ของขนาดอะลูมินา 5.52 ไมโครเมตร

ความดัน (กิโลปาสคาล)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$		
	อัตราการไหล 1.8 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง	อัตราการไหล 1.86 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง	อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
1.7	1.29	1.95	2.22
6.9	2.59	2.96	3.42
13.8	3.88	4.07	4.62

ตาราง ก.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับเพอร์มิเอชันฟลักซ์ของน้ำที่อัตราการไหลต่างๆ  
ของขนาดอะลูมินา 18.91 ไมโครเมตร

ความดัน (กิโลปาสคาล)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$		
	อัตราการไหล 1.8 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง	อัตราการไหล 1.86 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง	อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
1.7	3.79	3.78	4.16
6.9	7.58	8.05	8.32
13.8	11.56	11.93	12.49

ตาราง ก.15 ผลของการกรองพอลิไวเนิลแอลกอฮอล์ที่น้ำหนักโมเลกุล 100,000 ความดัน 13.8 กิโลปาสกาล อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

เวลา (นาที)	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)		เพอร์มิอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) x 10 <sup>-2</sup>		OD <sub>690</sub>		ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)		เปอร์เซ็นต์รีเจกชัน	
	ขนาดอนุภาคน้ำ 5.52 ไมครเมตร	ขนาดอนุภาคน้ำ 18.91 ไมครเมตร	ขนาดอนุภาคน้ำ 5.52 ไมครเมตร	ขนาดอนุภาคน้ำ 18.91 ไมครเมตร	ขนาดอนุภาคน้ำ 5.52 ไมครเมตร	ขนาดอนุภาคน้ำ 18.91 ไมครเมตร	ขนาดอนุภาคน้ำ 5.52 ไมครเมตร	ขนาดอนุภาคน้ำ 18.91 ไมครเมตร	ขนาดอนุภาคน้ำ 5.52 ไมครเมตร	ขนาดอนุภาคน้ำ 18.91 ไมครเมตร
0	0	0								
5	44	129	4.07	11.93	0.10	0.08	16.28	13.10		
10	44	129	4.07	11.93						
15	43	128	3.98	11.84						
20	43	128	3.98	11.84	0.09	0.08	13.90	13.10	14.65	0
25	42	128	3.88	11.84						
30	42	127	3.88	11.75						
35	42	127	3.88	11.75						
40	42	127	3.88	11.75	0.08	0.08	13.58	13.10	16.60	0
45	42	127	3.88	11.75						
50	42	127	3.88	11.75						
55	42	127	3.88	11.75						
60	42	127	3.88	11.75	0.08	0.08	13.10	13.10	19.53	0

ตาราง ก.16 ผลของการกรอง Bacillus subtilis TISTR25 ที่อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง  
ความดัน 13.8 กิโลปาสคาล และขนาดอะลูมินา 5.52 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เฟอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-3}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน
0			7000	
5	7.2	6.66		
10	6.0	5.55	2	99.97
15	5.4	4.99		
20	5.0	4.62	0	100
25	4.6	4.25		
30	4.4	4.07	0	100
35	4.4	4.07		
40	4.2	3.88	0	100
45	4.2	3.88		
50	4.2	3.88	0	100
55	4.2	3.88		

ตาราง ก.17 ผลของการกรอง Bacillus subtilis TISTR25 ที่อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง  
ความดัน 13.8 กิโลปาสคาล และขนาดอะลูมินา 18.91 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เฟอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-3}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน
0			7000	
5	10.8	9.99		
10	9.6	8.88	31	99.56
15	9.4	8.69		
20	8.8	8.14	11	99.84
25	8.6	7.95		
30	8.2	7.58	3	99.96
35	8.2	7.58		
40	8.2	7.58	3	99.96
45	8.2	7.58		

ตาราง ก.18 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 13.8 กิโลปาสกาล และขนาดอะลูมินา 5.52 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิเอชันแฟกซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน
0			555	
5	45	4.16		
10	40	3.70	0	100
15	36	3.33		
20	32	2.96	0	100
25	31	2.87		
30	31	2.87	0	100
35	31	2.87		
40	31	2.87	0	100

ตาราง ก.19 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 13.8 กิโลปาสกาล และขนาดอะลูมินา 18.91 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิเอชันแฟกซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน
0			555	
5	85	7.86		
10	70	6.47	0	100
15	55	5.09		
20	45	4.16	0	100
25	39	3.61		
30	35	3.24	0	100
35	33	3.05		
40	33	3.05	0	100
45	33	3.05		
50	33	3.05	0	100



ตาราง ก.20 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 1.7 กิโลปาสคาล และขนาดอะลูมินา 5.52 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิเมตร)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน
0			555	
5	14	1.29		
10	13	1.20	0	100
15	12	1.11		
20	11	1.02	0	100
25	11	1.02		
30	11	1.02	0	100
35	11	1.02		

ตาราง ก.21 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 6.9 กิโลปาสคาล และขนาดอะลูมินา 5.52 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิเมตร)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน
0			555	
5	28	2.59		
10	27	2.50	0	100
15	26	2.40		
20	25	2.31	0	100
25	24	2.22		
30	24	2.22	0	100
35	24	2.22		
40	24	2.22	0	100

ตาราง ก.22 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.86 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 1.7 กิโลปาสกาล และขนาดอะลูมินา 5.52 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เฟอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจกชัน
0			555	
5	10	0.92		
10	8.8	0.81	0	100
15	8.4	0.78		
20	8.2	0.76	0	100
25	8	0.74		
30	8	0.74	0	100
35	8	0.74		
40	8	0.74	0	100

ตาราง ก.23 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.86 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 6.9 กิโลปาสกาล และขนาดอะลูมินา 5.52 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เฟอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจกชัน
0			555	
5	25	2.31		
10	24	2.22	0	100
15	23	2.13		
20	22	2.03	0	100
25	21	1.94		
30	21	1.94	0	100
35	21	1.94		
40	21	1.94	0	100

ตาราง ก.24 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.86 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 13.8 กิโลปาสกาล และขนาดอะลูมินา 5.52 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจกชัน
0			555	
5	40	3.70		
10	35	3.24	0	100
15	32	2.96		
20	30	2.77	0	100
25	29	2.68		
30	29	2.68	0	100
35	29	2.68		
40	29	2.68	0	100

ตาราง ก.25 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.80 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 1.7 กิโลปาสกาล และขนาดอะลูมินา 5.52 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจกชัน
0			555	
5	6.4	0.59		
10	6.4	0.59	0	100
15	6	0.55		
20	6	0.55	0	100
25	6	0.55		
30	6	0.55	0	100

ตาราง ก.26 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.80 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 6.9 กิโลปาสคาล และขนาดอะลูมินา 5.52 ไมโครเมตร

เวลา (นาทีก)	ปริมาตร/5นาทีก (มิลลิลิตร)	เพอร์มิเอชันแฟกซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน
0			555	
5	21	1.94		
10	21	1.94	0	100
15	20	1.85		
20	19	1.76	0	100
25	18	1.66		
30	18	1.66	0	100
35	18	1.66		
40	18	1.66	0	100

ตาราง ก.27 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.80 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 13.8 กิโลปาสคาล และขนาดอะลูมินา 5.52 ไมโครเมตร

เวลา (นาทีก)	ปริมาตร/5นาทีก (มิลลิลิตร)	เพอร์มิเอชันแฟกซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน
0			555	
5	30	2.77		
10	29	2.68	0	100
15	28	2.59		
20	27	2.50	0	100
25	26	2.40		
30	25	2.31	0	100
35	25	2.31		
40	25	2.31	0	100
45	25	2.31		

ตาราง ก.28 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 1.7 กิโลปาสคาล และขนาดอะลูมินา 18.91 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน
0			555	
5	30	2.77		
10	28	2.59	0	100
15	27	2.50		
20	26	2.40	0	100
25	25	2.31		
30	25	2.31	0	100
35	25	2.31		
40	25	2.31	0	100

ตาราง ก.29 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 6.9 กิโลปาสคาล และขนาดอะลูมินา 18.91 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน
0			555	
5	43	3.98		
10	39	3.61	0	100
15	35	3.24		
20	34	3.14	0	100
25	32	2.96		
30	31	2.87	0	100
35	30	2.77		
40	30	2.77	0	100
45	30	2.77		
50	30	2.77	0	100

ตาราง ก.30 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.86 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 1.7 กิโลปาสคาล และขนาดอะลูมินา 18.91 ไมโครเมตร

เวลา (นาทีก)	ปริมาตร/5นาทีก (มิลลิลิตร)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน
0			555	
5	24	2.22		
10	22	2.03	0	100
15	21	1.94		
20	20	1.85	0	100
25	19	1.76		
30	19	1.76	0	100
35	19	1.76		
40	19	1.76	0	100

ตาราง ก.31 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.86 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 6.9 กิโลปาสคาล และขนาดอะลูมินา 18.91 ไมโครเมตร

เวลา (นาทีก)	ปริมาตร/5นาทีก (มิลลิลิตร)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน
0			555	
5	38	3.51		
10	35	3.24	0	100
15	31	2.87		
20	30	2.77	0	100
25	28	2.59		
30	27	2.50	0	100
35	26	2.40		
40	26	2.40	0	100
45	26	2.40		
50	26	2.40	0	100

ตาราง ก.32 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.86 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 13.8 กิโลปาสกาล และขนาดอะลูมินา 18.91 ไมโครเมตร

เวลา (นาท)	ปริมาตร/5นาท (มิลลิเมตร)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน
0			555	
5	80	7.40		
10	57	5.27	0	100
15	46	4.25		
20	40	3.70	0	100
25	35	3.24		
30	32	2.96	0	100
35	29	2.68		
40	29	2.68	0	100
45	29	2.68		
50	29	2.68	0	100

ตาราง ก.33 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.80 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 1.7 กิโลปาสกาล และขนาดอะลูมินา 18.91 ไมโครเมตร

เวลา (นาท)	ปริมาตร/5นาท (มิลลิเมตร)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน
0			555	
5	18	1.66		
10	18	1.66	0	100
15	17	1.57		
20	16	1.48	0	100
25	16	1.48		
30	16	1.48	0	100
35	16	1.48		

ตาราง ก.34 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.80 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 6.9 กิโลปาสคาล และขนาดอะลูมินา 18.91 ไมโครเมตร

เวลา (นาทีก)	ปริมาตร/5นาทีก (มิลลิลิตร)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน
0			555	
5	34	3.14		
10	32	2.96	0	100
15	30	2.77		
20	28	2.59	0	100
25	26	2.40		
30	24	2.22	0	100
35	24	2.22		
40	22	2.03	0	100
45	22	2.03		
50	22	2.03	0	100
55	22	2.03		

ตาราง ก.35 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.80 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 13.8 กิโลปาสคาล และขนาดอะลูมินา 18.91 ไมโครเมตร

เวลา (นาทีก)	ปริมาตร/5นาทีก (มิลลิลิตร)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน
0			555	
5	63	5.83		
10	48	4.44	0	100
15	40	3.70		
20	35	3.24	0	100
25	32	2.96		
30	30	2.77	0	100
35	28	2.59		
40	26	2.40	0	100
45	26	2.40		
50	26	2.40	0	100
55	26	2.40		



ตาราง ก.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันขาเข้ากับเพอร์มิเอชันฟลักซ์ของยีสต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร ในอัตราการไหลต่างๆ ของขนาดอะลูมินา 5.52 ไมโครเมตร

ความดันขาเข้า (กิโลปาสกาล)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$		
	อัตราการไหล 1.8 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง	อัตราการไหล 1.86 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง	อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
1.7	0.55	0.74	1.02
6.9	1.66	1.94	2.22
13.8	2.31	2.68	2.87

ตาราง ก.37 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันขาเข้ากับเพอร์มิเอชันฟลักซ์ของยีสต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร ในอัตราการไหลต่างๆ ของขนาดอะลูมินา 18.91 ไมโครเมตร

ความดันขาเข้า (กิโลปาสกาล)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$		
	อัตราการไหล 1.8 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง	อัตราการไหล 1.86 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง	อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
1.7	1.48	1.76	2.31
6.9	2.03	2.40	2.77
13.8	2.40	2.68	3.05

ตาราง ก.38 เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์รีเจคชันและเพอร์มิเอชันฟลักซ์ของยีสต์, *Bacillus subtilis* TISTR 25 และ พอลิไวนิล อัลกอฮอล์ ที่ขนาดอะลูมินา 5.52 ไมโครเมตร

	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน
ยีสต์	2.87	100
<i>Bacillus subtilis</i> TISTR 25	0.39	100
พอลิไวนิล อัลกอฮอล์	3.88	20

ตาราง ก.39 เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์รีเจคชันและเพอร์มิเอชันฟลักซ์ของยีสต์, *Bacillus subtilis* TISTR 25 และ พอลิไวนิล อัลกอฮอล์ ที่ขนาดอะลูมินา 18.91 ไมโครเมตร

	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน
ยีสต์	3.05	100
<i>Bacillus subtilis</i> TISTR 25	0.76	99.96
พอลิไวนิล อัลกอฮอล์	11.75	0

ตาราง ก. 40 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 13.8 กิโลปาสคาล และขนาดอะลูมินา 5.52 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน
0			1600	
5	25	2.31		
10	21	1.94	0	100
15	20	1.85		
20	18	1.66	0	100
25	17	1.57		
30	17	1.57	0	100
35	17	1.57		

ตาราง ก. 41 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 50 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 13.8 กิโลปาสคาล และขนาดอะลูมินา 5.52 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ปริมาตร/5 นาที (มิลลิลิตร)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจคชัน
0			4600	
5	15	1.39		
10	13	1.20	1	99.98
15	11	1.02		
20	10.5	0.97	0	100
25	10.5	0.97		
30	10.5	0.97	0	100
35	10.5	0.97		

ตาราง ก. 42 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 13.8 กิโลปาสคาล และขนาดอะลูมินา 18.91 ไมโครเมตร

เวลา (นาทีก)	ปริมาตร/5นาทีก (มิลลิลิตร)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจกชัน
0			2300	
5	43	3.98		
10	32	2.96	1	99.96
15	28	2.59		
20	26	2.40	0	100
25	24	2.22		
30	22	2.03	0	100
35	21	1.94		
40	21	1.94	0	100
45	21	1.94		
50	21	1.94	0	100

ตาราง ก. 43 ผลของการกรองยีสต์ที่ความเข้มข้น 50 กรัมต่อลิตร, อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง, ความดัน 13.8 กิโลปาสคาล และขนาดอะลูมินา 18.91 ไมโครเมตร

เวลา (นาทีก)	ปริมาตร/5นาทีก (มิลลิลิตร)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) $\times 10^{-2}$	จำนวนเซลล์	เปอร์เซ็นต์รีเจกชัน
0			5100	
5	35	3.24		
10	20	1.85	1	99.96
15	19	1.76		
20	18	1.66	0	100
25	16	1.48		
30	14	1.29	0	100
35	14	1.29		
40	14	1.29	0	100
45	14	1.29		

ตาราง ก.44 แสดงปริมาณและปริมาณสะสมของยีสต์ที่กรองด้วย ความดัน 13.8 กิโลปาสคาล, อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และขนาดอะลูมินา 5.52 ไมโครเมตร

เวลา (นาทีก)	ปริมาณ/วินาที (มิลลิลิตร)	ปริมาณสะสม (มิลลิลิตร)
0	0	
5	42	42
10	40	82
15	37	119
20	33	152
25	32	184
30	31	215
35	31	246
40	31	277
45	31	308
50	31	339

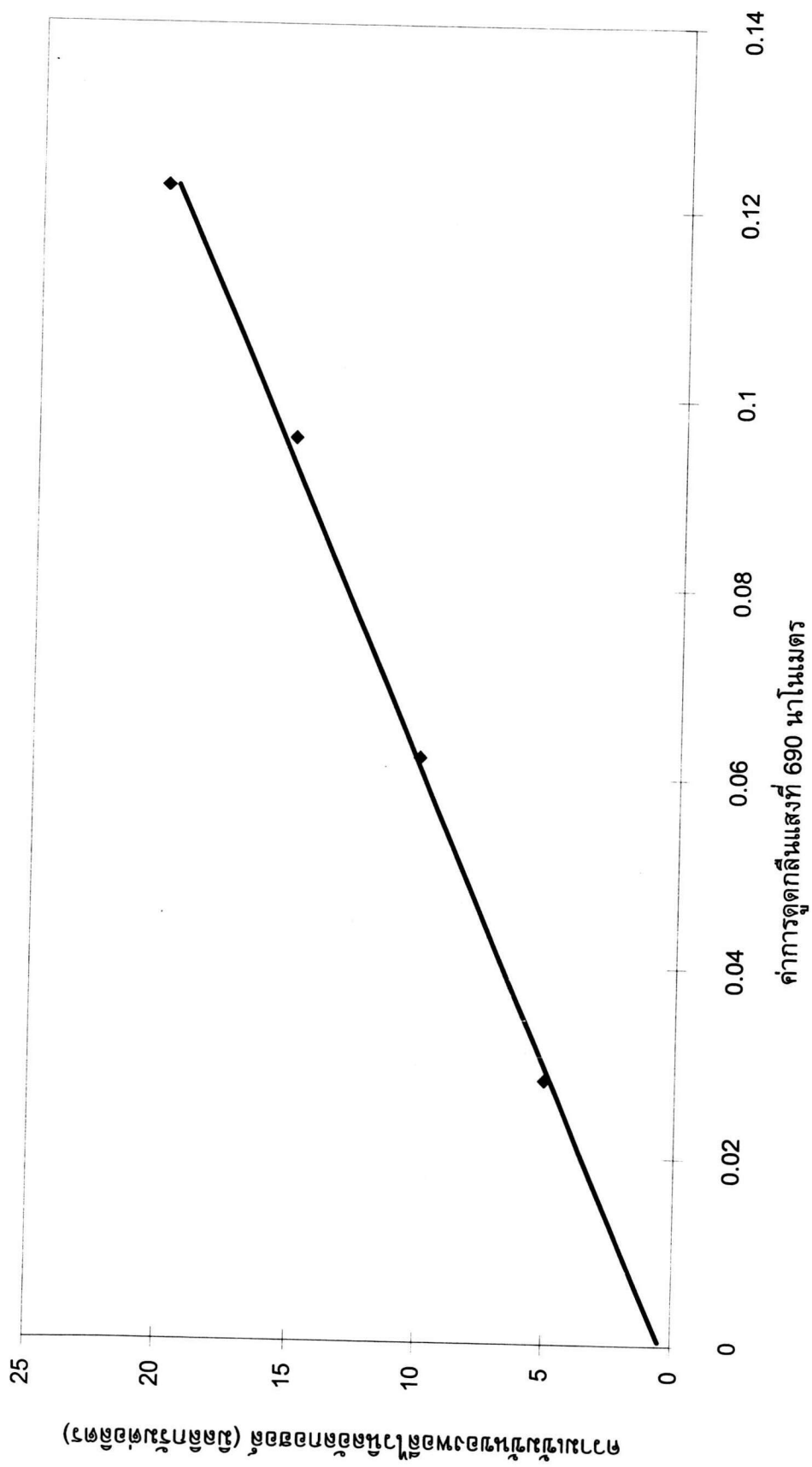
ตาราง ก.45 แสดงปริมาณและปริมาณสะสมของยีสต์ที่กรองด้วย ความดัน 13.8 กิโลปาสคาล, อัตราการไหล 1.92 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และขนาดอะลูมินา 18.91 ไมโครเมตร

เวลา (นาทีก)	ปริมาณ/วินาที (มิลลิลิตร)	ปริมาณสะสม (มิลลิลิตร)
0	0	
5	80	80
10	70	150
15	61	211
20	55	266
25	47	313
30	39	352
35	34	386
40	28	414
45	23	437
50	23	460

ตาราง ก.46 เปรียบเทียบค่าความแข็งของอะลูมินาขนาด 5.52 และ 18.91 ไมโครเมตร  
กับอุณหภูมิในการเผา

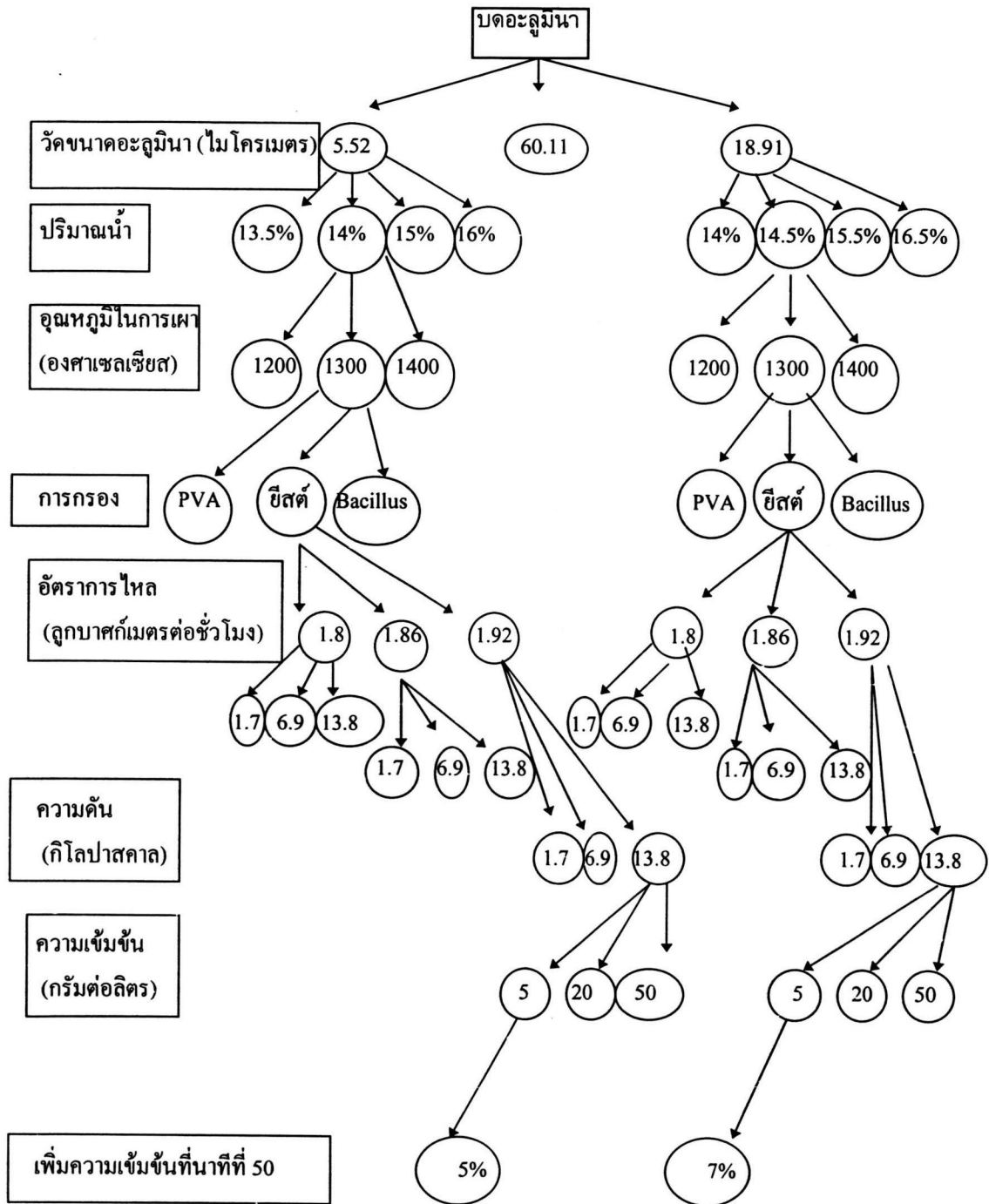
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความแข็ง (เมกะปาสคาล)	
	ขนาดอะลูมินา 5.52 ไมโครเมตร	ขนาดอะลูมินา 18.91 ไมโครเมตร
1200	9.92	9.93
1300	11.57	12.82
1400	17.27	13.96

ภาคผนวก ข



รูป ข.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 690 นาโนเมตร กับความเข้มข้นของฟอสโวลูไมนอล





รูป ข.2 แสดงภาวะการทดลองที่เหมาะสม

ภาคผนวก ค

คำนวณ ค.1 หาค่าความต้านทานของเยื่อแผ่น ( $R_M$ ) ที่ความดันต่างๆ

จากสมการ 3.12 สามารถหาค่าความต้านทานของเยื่อแผ่น ( $R_M$ ) ของแท่งกรองที่ใช้อะลูมิเนียมขนาดต่างๆ กัน

$$J = \frac{\Delta P_{TM}}{(R_M + R_G) \cdot \mu}$$

ที่ อะลูมิเนียมขนาด 5.52 ไมโครเมตร

ความดัน 1.7 กิโลปาสคาล  $J = 2.22 \times 10^{-2}$  ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง

$\Delta P_{TM} = 85$  กิโลปาสคาล,

ความดัน 6.9 กิโลปาสคาล  $J = 3.42 \times 10^{-2}$  ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง

$\Delta P_{TM} = 3.45$  กิโลปาสคาล,

ความดัน 13.8 กิโลปาสคาล  $J = 4.62 \times 10^{-2}$  ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง

$\Delta P_{TM} = 6.90$  กิโลปาสคาล

$\mu = 1.002 \times 10^{-3}$  ปาสคาล-วินาที ค่า  $R_G = 0$  เมตร<sup>-1</sup>

ความดันขาเข้า (กิโลปาสคาล)	ความต้านทานของเยื่อแผ่น ( $R_M$ ) (เมตร <sup>-1</sup> )
1.7	$1.38 \times 10^{11}$
6.9	$3.64 \times 10^{11}$
13.8	$5.36 \times 10^{11}$

ที่ อะลูมิเนียมขนาด 18.91 ไมโครเมตร

ความดัน 1.7 กิโลปาสคาล  $J = 4.16 \times 10^{-2}$  ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง

$\Delta P_{TM} = 0.85$  กิโลปาสคาล,

ความดัน 6.9 กิโลปาสคาล  $J = 8.32 \times 10^{-2}$  ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง

$\Delta P_{TM} = 3.45$  กิโลปาสคาล,

ความดัน 13.8 กิโลปาสคาล  $J = 12.49 \times 10^{-2}$  ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง

$\Delta P_{TM} = 6.90$  กิโลปาสคาล

$\mu = 1.002 \times 10^{-3}$  ปาสคาล-วินาที ค่า  $R_G = 0$  เมตร<sup>-1</sup>

ความดันขาเข้า (กิโลปาสคาล)	ความต้านทานของเยื่อแผ่น ( $R_M$ ) (เมตร <sup>-1</sup> )
1.7	$7.34 \times 10^{10}$
6.9	$1.49 \times 10^{11}$
13.8	$1.98 \times 10^{11}$

คำนวณ ค.2 หาค่าความดันลดในท่อ ( $\Delta P$ )

ค่าความดันขาเข้าที่วัดได้จากมาตรวัดความดัน ควรมีค่าความดันมากกว่าศูนย์ อย่างน้อยควรมีค่าเท่ากับความดันลดในท่อ ( $\Delta P$ ) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

จาก 
$$\Delta P = \frac{4fL\rho v^2}{D}$$

$D = 1$  นิ้ว  $\rho = 1 \times 10^3$  กิโลกรัมต่อตารางเมตร  $L = 30$  เซนติเมตร  $v = 3.456$  เมตรต่อวินาที  
 $\varepsilon = 0.0018$  นิ้ว

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.0018}{1} = 0.0018$$

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{1 \times 10^3 \times 3.456 \times 2.54}{100 \times 1.002 \times 10^{-3}} = 87.84 \times 10^3$$

นำค่า  $Re$  และ  $\frac{\varepsilon}{D}$  ไปหาค่า  $f$  (26) จะได้ค่า  $f = 0.0061$

เพราะฉะนั้นค่าความดันลด ( $\Delta P$ ) เท่ากับ 1.7 กิโลปาสกาล

### ประวัติผู้แต่ง

นายศุภวัฒน์ ชาวอ่อน เกิดวันที่ 12 ตุลาคม พ.ศ. 2515 ที่อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนอุดมวิทยา และสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนสารสิทธิ์พิทยาลัย และสำเร็จปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ในปีการศึกษา 2536 หลังจากนั้นได้เข้าศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2537