รายการอ้างอิง

1. พูลพร แสงบางปลา."Ethanol พลังงานทดแทนในยานยนต์จริงหรือ?." ส.อ.ท. (มกราคม-กุมภาพันธ์ 2544) : 44.
2. Abhay Chudhari."Fuel-ethanol a technology perspective." [online]. Available from: http://www.cleantechindia.com/newcic/fuel.html[2000,May 28]
3. Kober P.A. "Pervaporation, perstillation, and percrystallization." J.Am.Chem.Soc.39, (1917): 944.
4. Faber L. "Applications of pervaporation." Science 82, (1935): 158.
5. Binning R.C. and James J.F. "Permeation. A new commercial separation tool." Pet.Eng.30, c14 (1958).
6. Binning R.C., Lee R.J., Jennings J.F., and Martin E.C. "Separation of liquid mixtures by permeation." Ind.Eng.Chem. 53, (1961): 45.
7. Binning R.C., Jennings J.F., and Martin E.C. "Removal of water from organic chemicals." U.S. Patent 3,035,062, 1962.
8. Aptel P., Challard N., Cuny J., and Neel J. "Application of the pervaporation process to separate azeotropic mixtures." J.Membrane Sci. 1, (1976): 271.
9. Neel J., Nguyen Q.T., Clement R., and Le Blanc L. "Fractionation of a binary liquid mixture by continuous pervaporation." J.Membrane Sci. 15, (1983): 43.
10. Ballweg A.H., BrÜschke H.E.A., Schneider W.H., Tüsel G.F., and BÖddeker K.W. "Pervaporation membranes." in Proceedings of Fifth International Alcohol Fuel Technology Symposium. Auckland: New Zealand, 1982.
11. Baker R.W. Membrane technology and application. New York: Mcgraw-Hill, 2000.
12. Huang R.Y.M. and Yeom C.K. "Pervaporation separation of aqueous mixture using crosslinked polyvinyl alcohol; 2 Permeation of ethanol water mixture." J.Membrane Sci. 51, (1990):273.
13. รัตนา จิระรัตนานนท์. กระบวนการแยกด้วยเยื่อแผ่นสังเคราะห์. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, (2541): 219.
14. Winston W.S. and Sirkar K.K. eds. Membrane handbook. New York: Van Norstand Reinhold, 1992.
15. Huang R.Y.M. ed. Pervaporation membrane separation process. Amsterdam: Elsevier, 1991.

16. Cabasso I. "Organic liquid mixtures separation by permselective polymer membranes. I. Selection and characteristics of dense isotropic membranes employed in the pervaporation process." Ind.Eng.Chem.Prod.Res.Dev 22, (1983): 313.

17. Feng X. and Huang R.Y.M. "Liquid separation by membrane pervaporation: A review." Ind.Eng.Chem.Res 36, (1997): 1048.

18. Masuda T., Takatsuka M., Tang B.Z., and Higashimura T. "Pervaporation of organic liquid-water mixtures through substituted polyacrylene membranes." J.Membrane Sci. 49, (1990): 69.

19. Brüschke H.E.A. " State of art of pervaporation." in Proceedings of Third International Conference on Pervaporation Process in the Chemical Industry, Bakish R., ed. Nancy: France, 1988.

20. Watanabe K. and Kyo S. "Pervaporation performance of hollow-fiber chitosan-polyacrylonitrile composite membrane in dehydration of ethanol." J.Chem.Eng.Japan 25, (1992): 17.

21. Wenzlaff A., Böddeker K.W., and Hattenbach. "Pervaporation of water-ethanol through ion exchange membranes." J.Membrane Sci. 22, (1985): 333.

22. Cabasso I. and Liu Z.-Z. "The Permselectivity of ion-exchange membrane for non-electrolyte liquid mixtures." J.Membrane Sci. 24, (1985): 101.

23. Athayde A.L., Baker R.W., Daniels R., Le M.H., and Ly J.H. "Pervaporation for wastewater treatment." CHEMTECH 27, (1997): 34.

24. Bennett M., Brisdon B.J., England R., and Feld R.W. "Performance of PDMS and organofunctionalized PDMS membranes for the pervaporation recovery of organics from aqueous streams." J.Membrane Sci. 137, (1997): 63.

25. Nijhuis H.H., Mulder M.V.H., and Smolders C.A. "Selection of elastrometric membranes for the removal of volatile organic components from water." in Proceedings of Third International Conference on Pervaporation Processes in the Chemical Industry, Bakish R., ed. Nancy: France, 1988.

26. Bengtson G. and Böddeker K.W. "Pervaporation of low volatiles from water." in Proceedings of Third International Conference on Pervaporation Processes in the Chemical Industry, Bakish R., ed. Nancy: France, 1988.

27. Chen M.S.K., Eng R.M., Glazer J.L., and Wensley C.G. "Pervaporation process for separating alcohols from ethers." U.S. Patent 4,774,365, 1988.

28. Schucker R.C. "Highly aromatic polyurea/urethane membranes and their use of the separation of aromatics from non-aromatics." U.S. Patents 5,063,186; 5,055,632; 4,983,338; and many others.

29. Mochizuki A., Amiya S., Sato Y., Ogawara H., and Yamashita S. "Pervaporation separation of water/ethanol mixtures through polysaccharide membrane. IV The relationships between the permselectivity of alginic acid membranes and its solid states structure." J.Appl.Polym.Sci 37, (1989): 3385.

30. Yeom C.K., Jegal J.G., and Lee K.H. "Characterization of relaxation phenomena and permeation behaviors in Sodium alginate membrane during pervaporation separation of ethanol-water mixture." J.Appl.Polym.Sci 62, (1996): 1561.

31. Tsuyumoto M., Karakane H., Maeda Y., and Tsugaya H. "Development of polyion complex hollow fiber membrane for separation of water-ethanol mixtures." Desalination 80, (1991): 139.

32. Shi Y.Q., Wang X.W., and Chen G.W. "Pervaporation characteristics and solution-diffusion behaviors through Sodium alginate dense membrane." J.Appl.Polym.Sci 61, (1996): 1387.

33. Yeom C.K. and Lee K.-H. "Characterization of Sodium alginate and poly (vinyl alcohol) blend membranes in pervaporation separation." J.Appl.Polym.Sci 67, (1998): 949.

34. Yeom C.K. and Lee K.-H. "Characterization of Sodium alginate membrane crosslinked with glutaraldehyde in pervaporation separation." J.Appl.polym.Sci 67, (1998): 209.

35. Böddeker K.W. "Terminology in Pervaporation." J.Membrane Sci 51,(1990):259.

36. Rhim J.-W, Yoon S.-W., Kim S.-W., and Lee K.-H. "Pervaporation separation and swelling measurement of acetic acid-water mixtures using crosslinked PVA membranes." J.Appl.Poly.Sci 63, (1997): 521.

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

1. สารละลายมาตรฐานเปรียบเทียบภายใน (internal standard)

สารละลายมาตรฐานเปรียบเทียบภายในที่ใช้คือ โพรพานอล (n-propanal) เข้มข้น 30 กรัมต่อลิตร ซึ่งสารละลายโพรพานอลบริสุทธิ์ที่ใช้ (99.5%) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร มีน้ำหนักเท่ากับ 0.8040 กรัม ดังนั้นปิเปตสารละลายโพรพานอลบริสุทธิ์ 1.875 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตร(volumetric flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำขจัดไอออนให้ครบ 50 มิลลิลิตร

2. สารละลายเอทานอลสัมบูรณ์มาตรฐานเข้มข้น 0-100 กรัมต่อลิตร

สารละลายเอทานอลสัมบูรณ์ (absolute ethanol 99.8%) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร มีน้ำหนักเท่ากับ 0.7908 กรัม ดังนั้นปิเปตสารละลายเอทานอลสัมบูรณ์มา 0.253, 0.507, 0.760, 1.014 และ 1.267 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร จะได้สารละลายเอทานอลสัมบูรณ์มาตรฐานเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 กรัมต่อลิตรตามลำดับ ปิเปตสารละลายเอทานอลสัมบูรณ์มาตรฐานที่ความเข้มข้นระดับต่างๆปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองฝาเกลียวเติมสารละลายมาตรฐานเปรียบเทียบภายในจากข้อ 5 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและฉีดตัวอย่าง 1 ไมโครลิตรเข้าเครื่องโครมาโตรกราฟี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

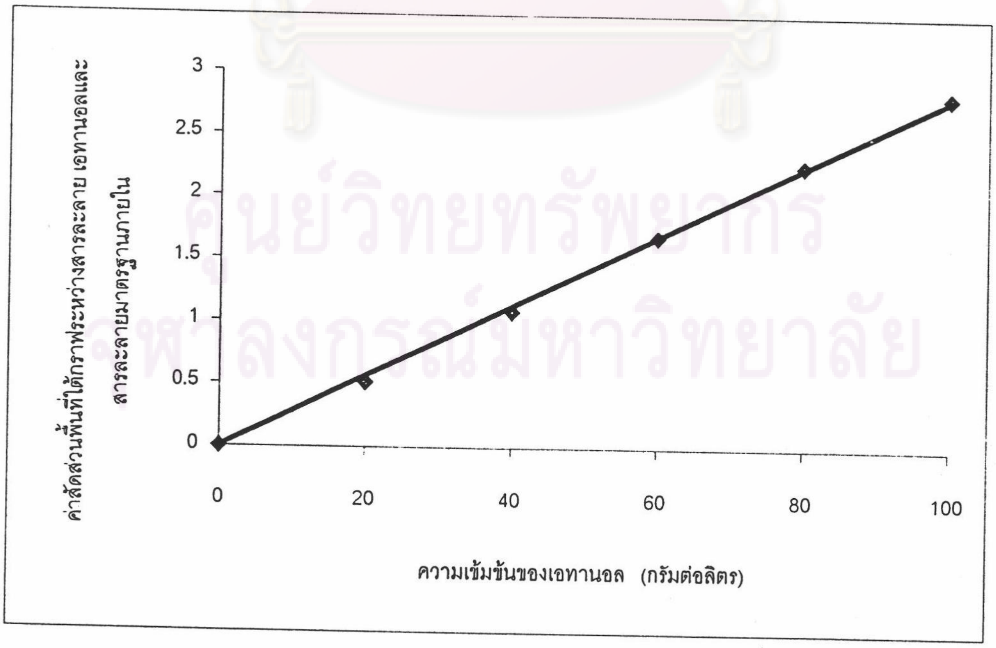
ภาคผนวก ข

กราฟมาตรฐาน

1. กราฟมาตรฐานของสารละลายเอทานอลสัมบูรณ์

ตารางที่ ข-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเอทานอลกับค่าสัดส่วนของพื้นที่ใต้กราฟ

ความเข้มข้นของเอทานอล (กรัมต่อลิตร)	ค่าสัดส่วนพื้นที่ใต้กราฟของสารละลายเอทานอลต่อพื้นที่ใต้กราฟของสารละลายมาตรฐานภายใน
0	0
20	0.5057
40	1.0779
60	1.6751
80	2.2519
100	2.8096



รูปที่ ข – 1 กราฟมาตรฐานของเอทานอลสัมบูรณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากกราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณเอทานอลมี

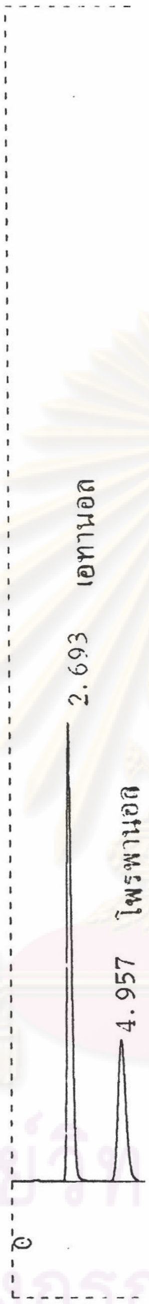
ค่าสหสัมพันธ์ (R^2) = 0.0991

ค่าความชัน (slope) = 0.0279

ดังนั้นปริมาณเอทานอล (กรัมต่อลิตร) = ค่าสัดส่วนพื้นที่ใต้กราฟ x 1/ความชัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ข-2 ตัวอย่างโครมาโทแกรมของเอทานอลในด้านรีเทนเทรตเมื่อใช้โพรพานอลเป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบภายใน วิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟฟี



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ข-3 ตัวอย่างโครมาโทแกรมของเอทานอลในด้านเพอร์มิเอตเมื่อใช้โพรพานอลเป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบภายใน วิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟฟี

ภาคผนวก ค

การคำนวณ

1. การดูดซึมสารละลายน้ำ-เอทานอลโดยเยื่อแผ่น

1.1 ดีกรีการพองตัวของเยื่อแผ่น(Swelling degree)

$$S.W. = \frac{(W_m - D_m)}{D_m}$$

เมื่อ $S.W$ คือ ดีกรีการพองตัวของเยื่อแผ่น

W_m คือ น้ำหนักของเยื่อแผ่นหลังจากแช่สารละลาย

D_m คือ น้ำหนักของเยื่อแผ่นก่อนแช่สารละลาย

1.2 ความเข้มข้นของเอทานอลในเยื่อแผ่น

$$x_{Em} = \frac{F_I x_{E1} - (F_1 - (W_m - D_m))\, x_{E2}}{D_m}$$

เมื่อ F_i คือ น้ำหนักของสารละลาย

x_{E1} คือ ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลก่อนแช่เยื่อแผ่น

x_{E2} คือ ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลหลังแช่เยื่อแผ่น

1.3 ความเข้มข้นของน้ำในเยื่อแผ่น

$$x_{wm} = S.W. - x_{Em}$$

เมื่อ x_{Em} คือ ความเข้มข้นของเอทานอลในเยื่อแผ่น

1.4 สัมประสิทธิ์การกระจายของน้ำในเยื่อแผ่น

$$S_w = \frac{x_w^{\;m}}{(1 - x_E^{\;s})}$$

เมื่อ x_E^s คือ ความเข้มข้นของเอทานอลในสารละลาย

x_w^m คือ ความเข้มข้นของน้ำในเยื่อแผ่น (กรัมน้ำ/กรัมสารละลาย)

1.5 สัมประสิทธิ์การกระจายของเอทานอลในเยื่อแผ่น

$$S_E = \frac{x_E^m}{x_E^s}$$

เมื่อ x_E^m คือ ความเข้มข้นของเอทานอลในเยื่อแผ่น(กรัมเอทานอล/กรัมสารละลาย)

2. เพอร์เวเพอเรชัน

2.1 เพอร์มิเอชันฟลักซ์ของสารละลาย

$$J = \frac{W}{A.\,t} \quad \text{กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักเพอร์มิเอต

A คือ พื้นที่ผิวเยื่อ

t คือ เวลา

2.2 ฟลักซ์ของเอทานอล

$$J_E = y_E J \quad \text{กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง}$$

เมื่อ y_E คือ ความเข้มข้นของเอทานอลในเพอร์มิเอต

2.3 ฟลักซ์ของน้ำ

$$J_W = J - J_E \quad \text{กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 ค่าการซึมผ่านเยื่อแผ่นของน้ำ

$$P_w = J_w \cdot l$$

เมื่อ l คือ ความหนาของเยื่อแผ่น

2.5 ค่าการซึมผ่านเยื่อแผ่นของเอทานอล

$$P_E = J_E \cdot l$$

2.6 สัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ

$$D_w = \frac{P_w}{S_w}$$

2.7 สัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอล

$$D_E = \frac{P_E}{S_E}$$

2.8 ค่าการเลือก

$$\alpha = \frac{y_W/y_E}{x_W/x_E} = \frac{(1-y_E)/y_E}{(1-x_E)/x_E}$$

เมื่อ x_E, y_E คือ ความเข้มข้นของเอทานอลในรีเทนเทรตและเพอร์มิเอตตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ข้อมูลในการทดลอง

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลการทดลองการหาความเข้มข้นของเอทานอลและน้ำในเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนในสารละลาย 95% เอทานอลที่อุณหภูมิต่างๆเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อใช้แอลจีเนตที่ความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนักเคลือบที่ผิวหน้าของเซลโลเฟน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักของสารละลายที่ใช้แช่เยื่อแผ่น (กรัม)	น้ำหนักเยื่อแผ่นก่อนแช่ใน 95% เอทานอล (กรัม)	น้ำหนักเยื่อแผ่นหลังแช่ใน 95% เอทานอล (กรัม)	ความเข้มข้นของสารละลายหลังแช่เยื่อแผ่น (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ความเข้มข้นของเอทานอลในเยื่อแผ่น (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ความเข้มข้นของน้ำในเยื่อแผ่น (น้ำหนัก/น้ำหนัก)
40	3.98	1.18	1.55	0.972	0.194	0.120
50	4.50	1.62	2.20	0.964	0.273	0.085
60	2.05	1.25	1.79	0.956	0.369	0.063
70	4.11	1.39	2.02	0.954	0.388	0.065

ตารางที่ ง-2 ข้อมูลการทดลองการหาความเข้มข้นของเอทานอลและน้ำในเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนในสารละลาย 95% เอทานอลที่อุณหภูมิต่างๆเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อใช้แอลจีเนตที่ความเข้มข้น 2% โดยน้ำหนักเคลือบที่ผิวหน้าของเซลโลเฟน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักของสารละลายที่ใช้แช่เยื่อแผ่น (กรัม)	น้ำหนักเยื่อแผ่นก่อนแช่ใน 95% เอทานอล (กรัม)	น้ำหนักเยื่อแผ่นหลังแช่ใน 95% เอทานอล (กรัม)	ความเข้มข้นของสารละลายหลังแช่เยื่อแผ่น (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ความเข้มข้นของเอทานอลในเยื่อแผ่น (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ความเข้มข้นของน้ำในเยื่อแผ่น (น้ำหนัก/น้ำหนัก)
40	3.21	1.64	2.01	0.982	0.137	0.088
50	2.45	1.42	1.83	0.966	0.232	0.056
60	2.51	1.51	2.08	0.961	0.326	0.051
70	2.46	1.35	1.89	0.963	0.347	0.053

ตารางที่ ง-3 ข้อมูลการทดลองการหาความเข้มข้นของเอทานอลและน้ำในเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนในสารละลาย 95% เอทานอลที่อุณหภูมิต่างๆเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อใช้แอลจีเนตที่ความเข้มข้น 3% โดยน้ำหนักเคลือบที่ผิวหน้าของเซลโลเฟน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักของสารละลายที่ใช้แช่เยื่อแผ่น (กรัม)	น้ำหนักเยื่อแผ่นก่อนแช่ใน 95% เอทานอล (กรัม)	น้ำหนักเยื่อแผ่นหลังแช่ใน 95% เอทานอล (กรัม)	ความเข้มข้นของสารละลายหลังแช่เยื่อแผ่น (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ความเข้มข้นของเอทานอลในเยื่อแผ่น (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ความเข้มข้นของน้ำในเยื่อแผ่น (น้ำหนัก/น้ำหนัก)
40	3.20	3.11	3.78	0.985	0.149	0.050
50	2.18	2.04	2.56	0.975	0.200	0.051
60	2.03	1.48	1.88	0.974	0.223	0.048
70	3.18	2.34	3.17	0.972	0.300	0.055

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-4 ข้อมูลการทดลองการหาค่าฟลักซ์ของสารละลาย, ฟลักซ์ของน้ำ และฟลักซ์ของเอทานอลผ่านเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ความดันเพอร์มิเอต -300 มิลลิเมตรปรอท เวลาที่ใช้ในการทดลอง 5 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของแอลจีเนตที่ใช้เคลือบที่ผิวหน้าของเซลโลเฟน (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักของเพอร์มิเอต (กรัม)	ความเข้มข้นของเอทานอลในสารป้อน (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ความเข้มข้นของเอทานอลในเพอร์มิเอต (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ฟลักซ์ของสารละลาย (กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ฟลักซ์ของเอทานอล (กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ฟลักซ์ของน้ำ (กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง)
1	40	2.23	0.969	0.055	246.4	13.6	232.9
	50	2.74	0.956	0.047	302.8	14.2	288.5
	60	3.47	0.955	0.039	383.4	15.0	368.5
	70	3.67	0.966	0.056	405.5	22.7	382.8
2	40	1.27	0.98	0.018	140.3	2.5	137.8
	50	1.86	0.965	0.036	205.5	7.4	198.1
	60	1.95	0.96	0.025	215.5	5.4	210.1
	70	2.04	0.976	0.048	225.4	10.8	214.6
3	40	1.37	0.953	0.011	151.4	1.7	149.7
	50	1.62	0.984	0.023	179.0	4.1	174.9
	60	2.04	0.984	0.039	225.4	8.8	216.6
	70	2.11	0.974	0.046	233.1	10.7	222.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-5 ข้อมูลการทดลองการหาค่าฟลักซ์ของสารละลาย, ฟลักซ์ของน้ำ และฟลักซ์ของเอทานอลผ่านเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟนที่ความดันเพอร์มิเอต -350 มิลลิเมตรปรอท เวลาที่ใช้ในการทดลอง 5 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของแอลจิเนตที่ใช้เคลือบที่ผิวหน้าของเซลโลเฟน (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักของเพอร์มิเอต (กรัม)	ความเข้มข้นของเอทานอลในสารป้อน (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ความเข้มข้นของเอทานอลในเพอร์มิเอต (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ฟลักซ์ของสารละลาย (กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ฟลักซ์ของเอทานอล (กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ฟลักซ์ของน้ำ (กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง)
1	40	2.66	0.974	0.070	293.9	20.7	273.3
	50	3.33	0.982	0.058	368.0	21.3	346.6
	60	3.50	0.969	0.059	386.7	22.8	363.9
	70	4.53	0.974	0.067	500.6	33.5	467.0
2	40	1.57	0.973	0.015	173.5	2.6	170.9
	50	2.15	0.975	0.021	237.6	5.1	232.5
	60	2.27	0.979	0.032	250.8	8.0	242.8
	70	3.30	0.975	0.048	364.6	17.4	347.2
3	40	1.57	0.962	0.011	173.5	1.8	171.6
	50	1.72	0.982	0.035	190.1	6.7	183.3
	60	2.13	0.959	0.041	235.4	9.7	225.7
	70	2.32	0.982	0.049	256.4	12.4	243.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-6 ข้อมูลการทดลองการหาค่าฟลักซ์ของสารละลาย, ฟลักซ์ของน้ำ และฟลักซ์ของเอทานอลผ่านเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟนที่ความดันเพอร์มิเอต -400 มิลลิเมตรปรอท เวลาที่ใช้ในการทดลอง 5 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของแอลจิเนตที่ใช้เคลือบที่ผิวหน้าของเซลโลเฟน (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักของเพอร์มิเอต (กรัม)	ความเข้มข้นของเอทานอลในสารป้อน (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ความเข้มข้นของเอทานอลในเพอร์มิเอต (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ฟลักซ์ของสารละลาย (กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ฟลักซ์ของเอทานอล (กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ฟลักซ์ของน้ำ (กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง)
1	40	3.60	0.979	0.039	397.8	15.7	382.1
	50	3.68	0.978	0.047	406.6	19.1	387.6
	60	4.35	0.982	0.053	480.7	25.3	455.3
	70	5.09	0.977	0.061	562.4	34.4	528.1
2	40	1.75	0.943	0.023	193.4	4.4	188.9
	50	2.27	0.978	0.027	250.8	6.8	244.0
	60	2.64	0.994	0.052	291.7	15.1	276.6
	70	2.84	0.988	0.053	313.8	16.5	297.3
3	40	1.92	0.979	0.017	212.2	3.6	208.5
	50	1.95	0.985	0.027	215.5	5.8	209.6
	60	2.32	0.976	0.044	256.4	11.2	245.2
	70	2.25	0.982	0.052	248.6	12.9	235.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-7 ข้อมูลการทดลองการหาค่าฟลักซ์ของสารละลาย, ฟลักซ์ของน้ำ และฟลักซ์ของเอทานอลผ่านเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟนที่ความดันเพอร์มิเอต -450 มิลลิเมตรปรอท เวลาที่ใช้ในการทดลอง 5 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของแอลจิเนตที่ใช้เคลือบที่ผิวหน้าของเซลโลเฟน (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักของเพอร์มิเอต (กรัม)	ความเข้มข้นของเอทานอลในสารป้อน (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ความเข้มข้นของเอทานอลในเพอร์มิเอต (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ฟลักซ์ของสารละลาย (กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ฟลักซ์ของเอทานอล (กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ฟลักซ์ของน้ำ (กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง)
1	40	4.15	0.934	0.116	458.6	53.3	405.3
	50	6.51	0.951	0.124	719.3	89.1	630.2
	60	8.38	0.966	0.159	926.0	147.7	778.3
	70	9.24	0.967	0.166	1021.0	169.1	851.9
2	40	2.35	0.969	0.064	259.7	16.7	242.9
	50	2.75	0.995	0.042	303.9	12.7	291.1
	60	3.25	0.978	0.069	359.1	24.9	334.2
	70	3.50	0.987	0.078	386.7	30.1	356.6
3	40	2.19	0.965	0.017	242.0	4.2	237.8
	50	2.27	0.985	0.038	250.8	9.5	241.4
	60	2.38	0.979	0.074	263.0	19.4	243.6
	70	2.49	0.976	0.073	275.1	20.0	255.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-8 ข้อมูลการทดลองการหาค่าฟลักซ์ของสารละลาย, ฟลักซ์ของน้ำ และฟลักซ์ของเอทานอลผ่านเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟนที่ความดันเพอร์มิเอต -500 มิลลิเมตรปรอท เวลาที่ใช้ในการทดลอง 5 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของแอลจิเนตที่ใช้เคลือบที่ผิวหน้าของเซลโลเฟน (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักของเพอร์มิเอต (กรัม)	ความเข้มข้นของเอทานอลในสารป้อน (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ความเข้มข้นของเอทานอลในเพอร์มิเอต (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ฟลักซ์ของสารละลาย (กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ฟลักซ์ของเอทานอล (กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง)	ฟลักซ์ของน้ำ (กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง)
1	40	-*	-*	-*	-*	-*	-*
	50	-*	-*	-*	-*	-*	-*
	60	-*	-*	-*	-*	-*	-*
	70	-*	-*	-*	-*	-*	-*
2	40	3.09	0.980	0.066	341.4	22.6	318.9
	50	3.64	0.988	0.108	402.2	43.3	358.9
	60	4.38	0.984	0.105	484.0	50.6	433.4
	70	4.48	0.987	0.120	495.0	59.6	435.4
3	40	2.69	0.988	0.023	297.2	6.8	290.4
	50	2.25	0.988	0.030	248.6	7.3	241.3
	60	3.02	0.982	0.064	333.7	21.2	312.5
	70	3.35	0.984	0.080	370.2	29.5	340.7

-* เยื่อแผ่นฉีกขาดไม่สามารถวัดค่าได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-9 ค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนสำหรับสารละลาย 95%เอทานอล ที่ความดัน -300 มิลลิเมตรปรอท เวลาที่ใช้ในการทดลอง 5 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของแอลจีเนตที่ใช้เคลือบบนเซลโลเฟน (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	40	50	60	70
1	537	441	523	479
2	2673	738	936	807
3	1823	2612	1515	777

ตารางที่ ง-10 ค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนสำหรับสารละลาย 95%เอทานอล ที่ความดัน -35 มิลลิเมตรปรอท เวลาที่ใช้ในการทดลอง 5 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของแอลจีเนตที่ใช้เคลือบบนเซลโลเฟน (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	40	50	60	70
1	495	886	499	522
2	2415	1795	1411	778
3	2361	1491	546	1069

ตารางที่ ง-11 ค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนสำหรับสารละลาย 95%เอทานอล ที่ความดัน -400 มิลลิเมตรปรอท เวลาที่ใช้ในการทดลอง 5 ชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความเข้มข้นของแอลจีเนตที่ใช้เคลือบบนเซลโลเฟน (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	40	50	60	70
1	1147	903	960	646
2	704	1599	2960	1448
3	2696	2413	876	977

ตารางที่ ง-12 ค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟนสำหรับสารละลาย 95%เอทานอล ที่ความดัน -450 มิลลิเมตรปรอท เวลาที่ใช้ในการทดลอง 5 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของแอลจิเนตที่ใช้เคลือบบนเซลโลเฟน (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	40	50	60	70
1	109	138	149	148
2	461	4633	595	807
3	1561	1708	592	508

ตารางที่ ง-13 ค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟนสำหรับสารละลาย 95%เอทานอล ที่ความดัน -500 มิลลิเมตรปรอท เวลาที่ใช้ในการทดลอง 5 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของแอลจิเนตที่ใช้เคลือบบนเซลโลเฟน (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	40	50	60	70
1	-*	-*	-*	-*
2	707	668	530	535
3	3437	2651	787	715

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-14 ค่าการซึมผ่านของเอทานอลและน้ำผ่านเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟนที่ความดัน -300 มิลลิเมตรปรอท

ความเข้มข้นของแอลจิเนตที่ใช้เคลือบที่ผิวหน้าของเซลโลเฟน (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าการซึมผ่านเยื่อแผ่นของเอทานอล(x10^{-3} กรัม-เมตร/ตร.ม-ชั่วโมง)	ค่าการซึมผ่านเยื่อแผ่นของน้ำ (x10^{-3} กรัม-เมตร/ตร.ม-ชั่วโมง)
1	40	0.48	8.24
	50	0.50	10.21
	60	0.53	13.04
	70	0.80	13.55
2	40	0.12	6.44
	50	0.35	9.25
	60	0.25	9.81
	70	0.51	10.02
3	40	0.09	8.34
	50	0.23	9.74
	60	0.49	12.07
	70	0.60	12.39

ตารางที่ ง-15 ค่าการซึมผ่านของเอทานอลและน้ำผ่านเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟนที่ความดัน -350 มิลลิเมตรปรอท

ความเข้มข้นของแอลจิเนตที่ใช้เคลือบที่ผิวหน้าของเซลโลเฟน (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าการซึมผ่านเยื่อแผ่นของเอทานอล(x10^{-3} กรัม-เมตร/ตร.ม-ชั่วโมง)	ค่าการซึมผ่านเยื่อแผ่นของน้ำ (x10^{-3} กรัม-เมตร/ตร.ม-ชั่วโมง)
1	40	0.73	9.67
	50	0.76	12.27
	60	0.81	12.88
	70	1.19	16.53
2	40	0.12	7.98
	50	0.24	10.86
	60	0.37	11.34
	70	0.81	16.22
3	40	0.10	9.56
	50	0.37	10.21
	60	0.54	12.57
	70	0.69	13.59

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-16 ค่าการซึมผ่านของเอทานอลและน้ำผ่านเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟนที่ความดัน -400 มิลลิเมตรปรอท

ความเข้มข้นของแอลจิเนตที่ใช้เคลือบที่ผิวหน้าของเซลโลเฟน (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าการซึมผ่านเยื่อแผ่นของเอทานอล($x10^{-3}$ กรัม-เมตร/ตร.ม-ชั่วโมง)	ค่าการซึมผ่านเยื่อแผ่นของน้ำ ($x10^{-3}$ กรัม-เมตร/ตร.ม-ชั่วโมง)
1	40	0.56	13.53
	50	0.68	13.72
	60	0.90	16.12
	70	1.22	18.69
2	40	0.21	8.82
	50	0.32	11.40
	60	0.71	12.92
	70	0.77	13.88
3	40	0.20	11.61
	50	0.32	11.68
	60	0.62	13.66
	70	0.72	13.13

ตารางที่ ง-17 ค่าการซึมผ่านของเอทานอลและน้ำผ่านเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟนที่ความดัน -450 มิลลิเมตรปรอท

ความเข้มข้นของแอลจิเนตที่ใช้เคลือบที่ผิวหน้าของเซลโลเฟน (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าการซึมผ่านเยื่อแผ่นของเอทานอล($x10^{-3}$ กรัม-เมตร/ตร.ม-ชั่วโมง)	ค่าการซึมผ่านเยื่อแผ่นของน้ำ ($x10^{-3}$ กรัม-เมตร/ตร.ม-ชั่วโมง)
1	40	1.89	14.35
	50	3.15	22.31
	60	5.23	27.55
	70	5.99	30.16
2	40	0.78	11.35
	50	0.59	13.60
	60	1.17	15.61
	70	1.41	16.65
3	40	0.23	13.25
	50	0.53	13.44
	60	1.08	13.57
	70	1.12	14.21

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-18 ค่าการซึมผ่านของเอทานอลและน้ำผ่านเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟนที่ความดัน -500 มิลลิเมตรปรอท

ความเข้มข้นของแอลจิเนตที่ใช้เคลือบที่ผิวหน้าของเซลโลเฟน (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าการซึมผ่านเยื่อแผ่นของเอทานอล($x10^{-3}$ กรัม-เมตร/ตร.ม-ชั่วโมง)	ค่าการซึมผ่านเยื่อแผ่นของน้ำ ($x10^{-3}$ กรัม-เมตร/ตร.ม-ชั่วโมง)
1	40	-*	-*
	50	-*	-*
	60	-*	-*
	70	-*	-*
2	40	1.05	14.89
	50	2.02	16.76
	60	2.36	20.24
	70	2.78	20.34
3	40	0.38	16.18
	50	0.41	13.44
	60	1.18	17.41
	70	1.64	18.98

-* เยื่อแผ่นฉีกขาดไม่สามารถวัดค่าได้

ตารางที่ ง-19 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอลและน้ำผ่านเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟนที่ความดัน -300 มิลลิเมตรปรอท

ความเข้มข้นของแอลจิเนตที่ใช้เคลือบที่ผิวหน้าของเซลโลเฟน (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอล($x10^{-9}$ ตร.ม/ชั่วโมง)	สัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ ($x10^{-7}$ ตร.ม/ชั่วโมง)
1	40	0.96	0.20
	50	0.82	0.35
	60	0.77	0.85
	70	1.14	1.32
2	40	0.24	0.15
	50	0.53	0.48
	60	0.51	0.69
	70	0.72	1.20
3	40	0.15	0.11
	50	0.35	0.77
	60	0.73	1.10
	70	0.87	0.89

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-20 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอลและน้ำผ่านเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ความดัน -350 มิลลิเมตรปรอท

ความเข้มข้นของแอลจีเนตที่ใช้เคลือบที่ผิวหน้าของเซลโลเฟน (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอล($x10^{-9}$ ตร.ม/ชั่วโมง)	สัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ ($x10^{-7}$ ตร.ม/ชั่วโมง)
1	40	0.95	0.24
	50	0.80	0.50
	60	0.16	1.24
	70	1.13	1.73
2	40	0.25	0.11
	50	0.53	0.67
	60	0.35	1.31
	70	0.72	1.15
3	40	0.15	0.13
	50	0.35	0.68
	60	0.75	0.43
	70	0.87	1.29

ตารางที่ ง-21 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอลและน้ำผ่านเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ความดัน -400 มิลลิเมตรปรอท

ความเข้มข้นของแอลจีเนตที่ใช้เคลือบที่ผิวหน้าของเซลโลเฟน (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอล($x10^{-9}$ ตร.ม/ชั่วโมง)	สัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ ($x10^{-7}$ ตร.ม/ชั่วโมง)
1	40	1.10	0.48
	50	1.09	0.94
	60	1.27	2.64
	70	1.71	2.69
2	40	0.44	0.07
	50	0.48	0.93
	60	0.99	6.03
	70	1.07	3.31
3	40	0.33	0.33
	50	0.49	0.98
	60	0.93	0.83
	70	1.04	1.37

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-22 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอลและน้ำผ่านเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟนที่ความดัน -450 มิลลิเมตรปรอท

ความเข้มข้นของแอลจิเนตที่ใช้เคลือบที่ผิวหน้าของเซลโลเฟน (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอล($x10^{-9}$ ตร.ม/ชั่วโมง)	สัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ ($x10^{-7}$ ตร.ม/ชั่วโมง)
1	40	3.90	0.16
	50	5.18	0.82
	60	7.51	2.39
	70	8.50	3.02
2	40	1.61	0.17
	50	0.87	4.89
	60	1.66	1.99
	70	1.96	3.67
3	40	0.39	0.23
	50	0.81	1.13
	60	1.62	0.94
	70	1.63	1.11

ตารางที่ ง-23 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอลและน้ำผ่านเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟนที่ความดัน -500 มิลลิเมตรปรอท

ความเข้มข้นของแอลจิเนตที่ใช้เคลือบที่ผิวหน้าของเซลโลเฟน (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอล($x10^{-9}$ ตร.ม/ชั่วโมง)	สัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ ($x10^{-7}$ ตร.ม/ชั่วโมง)
1	40	-*	-*
	50	-*	-*
	60	-*	-*
	70	-*	-*
2	40	2.13	0.35
	50	3.00	2.51
	60	3.33	3.54
	70	3.86	4.48
3	40	0.62	0.81
	50	0.62	1.40
	60	1.77	1.41
	70	2.37	2.22

-* เยื่อแผ่นฉีกขาดไม่สามารถวัดค่าได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-24 ข้อมูลการทดลองการหาค่าดีกรีการพองตัวของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟนเมื่อแช่เยื่อแผ่นในสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆเป็นเวลา 5 วัน

ความเข้มข้นของเอทานอลที่ใช้แช่เยื่อแผ่น (%โดยปริมาตร)	จำนวนตัวอย่าง	น้ำหนักของเยื่อแผ่นก่อนแช่ในเอทานอล (กรัม)	น้ำหนักของเยื่อแผ่นหลังแช่ในเอทานอล (กรัม)	ค่าดีกรีการพองตัวของเยื่อแผ่น (%)
95.0	1	1.6248	2.2297	37.23
	2	1.5782	2.1596	36.84
	3	1.5987	2.1702	35.75
	เฉลี่ย			**36.61**
96.0	1	1.3462	1.6418	21.96
	2	1.0170	1.2355	21.50
	3	1.1245	1.3603	20.97
	เฉลี่ย			**21.48**
97.0	1	1.3476	1.5960	18.43
	2	1.4207	1.6913	19.05
	3	1.3589	1.6274	19.76
	เฉลี่ย			**19.08**
98.0	1	1.3860	1.5793	13.95
	2	1.2597	1.4254	13.15
	3	1.3776	1.5747	14.31
	เฉลี่ย			**13.80**
99.7	1	1.4913	1.6877	13.17
	2	1.3476	1.5206	12.84
	3	1.3204	1.4888	12.75
	เฉลี่ย			**12.92**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-25 ข้อมูลการทดลองการหาค่าฟลักซ์และค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟน เมื่อนำเยื่อแผ่นไปแช่ในเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆเป็นเวลา 5 วัน

ความเข้มข้นของเอทานอลที่ใช้แช่เยื่อแผ่น (% โดยปริมาตร)	น้ำหนักเพอร์มิเอต (กรัม)	ความเข้มข้นของเอทานอลในสารป้อน (น้ำหนักฝน้ำหนัก)	ความเข้มข้นของเอทานอลในเพอร์มิเอต (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ฟลักซ์ของสารละลาย (กรัม/ตร.ม-ชั่วโมง)	ค่าการเลือกของเยื่อแผ่น
95.0	4.60	0.954	0.088	508.3	214
	3.89	0.961	0.084	328.9	269
เฉลี่ย				**469.1**	**242**
96.0	4.28	0.959	0.044	472.9	508
	2.42	0.962	0.028	267.40	888
เฉลี่ย				**370.2**	**698**
97.0	2.39	0.984	0.045	264.1	1304
	2.34	0.987	0.021	258.6	3368
เฉลี่ย				**261.3**	**2336**
98.0	2.60	0.967	0.028	287.3	1024
	2.62	0.967	0.011	289.50	2736
เฉลี่ย				**288.40**	**1880**
99.7	2.28	0.988	0.024	251.9	3315
	2.37	0.987	0.020	261.9	3656
เฉลี่ย				**256.9**	**3486**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-26 ข้อมูลการทดลองการหาค่าดีกรีการพองตัวของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟนเมื่อเก็บรักษาเยื่อแผ่นใน99.7%เอทานอลที่เวลาต่างๆ

เวลาที่เก็บรักษา (วัน)	จำนวนตัวอย่าง	น้ำหนักของเยื่อแผ่นก่อนแช่ในเอทานอล (กรัม)	น้ำหนักของเยื่อแผ่นหลังแช่ในเอทานอล (กรัม)	ค่าดีกรีการพองตัวของเยื่อแผ่น (%)
5	1	1.4913	1.6877	13.17
	2	1.3476	1.5206	12.84
	3	1.3204	1.4888	12.75
	เฉลี่ย			**12.92**
10	1	1.0324	1.1727	13.59
	2	1.1278	1.1426	13.16
	3	1.2496	1.4284	14.31
	เฉลี่ย			**13.69**
15	1	1.0357	1.2167	17.48
	2	1.2783	1.5076	17.94
	3	1.3254	1.549	16.87
	เฉลี่ย			**17.43**
20	1	1.2973	1.5602	21.65
	2	1.3424	1.6172	20.47
	3	1.2748	1.5459	21.27
	เฉลี่ย			**21.13**
25	1	1.5047	1.8809	25.00
	2	1.3378	1.6690	24.76
	3	1.3892	1.7382	25.12
	เฉลี่ย			**24.96**
30	1	1.3725	1.7729	29.17
	2	1.2493	1.6097	28.85
	3	1.2106	1.5646	29.24
	เฉลี่ย			**29.09**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-27 ข้อมูลการทดลองการหาค่าฟลักซ์และค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟน เมื่อนำเยื่อแผ่นมาเก็บรักษาใน 99.7% เอทานอลที่เวลาต่างๆ

เวลาที่ใช้เก็บรักษาเยื่อแผ่น (วัน)	น้ำหนักเพอร์มิเอต (กรัม)	ความเข้มข้นของเอทานอลในสารป้อน (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ความเข้มข้นของเอทานอลในเพอร์มิเอ (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ฟลักซ์ของสารละลาย (กรัม/ตร.ม-ชั่วโมง)	ค่าการเลือกของเยื่อแผ่น
5	2.28	0.988	0.024	251.9	3315
	2.37	0.987	0.020	261.9	3656
เฉลี่ย				**256.9**	**3486**
10	3.92	0.993	0.044	433.2	2902
	1.69	0.989	0.027	186.7	3227
เฉลี่ย				**310.0**	**3064**
15	3.56	0.979	0.024	393.4	1936
	2.19	0.982	0.020	240.2	2561
เฉลี่ย				**316.8**	**2249**
20	3.61	0.966	0.012	402.2	2280
	2.91	0.968	0.028	321.6	1064
เฉลี่ย				**361.9**	**1672**
25	6.07	0.987	0.058	670.7	1195
	3.77	0.988	0.049	416.6	1579
เฉลี่ย				**543.7**	**1387**
30	7.09	0.984	0.070	783.4	817
	6.04	0.982	0.078	667.40	633
เฉลี่ย				**725.4**	**725**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-28 ข้อมูลการทดลองการหาค่าฟลักซ์ของสารละลายและค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟน เมื่อแปรระยะเวลาในการทดลองและความมีอายุของเยื่อแผ่น (รอบที่ 1)

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)	น้ำหนักเพอร์มิเอต (กรัม)	ความเข้มข้นของเอทานอลในสารป้อน (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ความเข้มข้นของเอทานอลในเพอร์มิเอ (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ฟลักซ์ของสารละลาย (กรัม/ตร.ม-ชั่วโมง)	ค่าการเลือกของเยื่อแผ่น
2	3.52	0.980	0.016	972.4	3013
4	6.41	0.973	0.013	885.4	2734
6	8.83	0.966	0.015	813.1	1894
8	10.35	0.969	0.018	714.2	1734

ตารางที่ ง-29 ข้อมูลการทดลองการหาค่าฟลักซ์ของสารละลายและค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟน เมื่อแปรระยะเวลาในการทดลองและความมีอายุของเยื่อแผ่น (รอบที่ 2)

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)	น้ำหนักเพอร์มิเอต (กรัม)	ความเข้มข้นของเอทานอลในสารป้อน (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ความเข้มข้นของเอทานอลในเพอร์มิเอ (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ฟลักซ์ของสารละลาย (กรัม/ตร.ม-ชั่วโมง)	ค่าการเลือกของเยื่อแผ่น
2	2.97	0.990	0.038	820.4	2572
4	4.77	0.989	0.037	658.8	2337
6	6.46	0.987	0.034	594.8	2103
8	7.96	0.982	0.031	549.7	1662

ตารางที่ ง-30 ข้อมูลการทดลองการหาค่าฟลักซ์ของสารละลายและค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟน เมื่อแปรระยะเวลาในการทดลองและความมีอายุของเยื่อแผ่น (รอบที่ 3)

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)	น้ำหนักเพอร์มิเอต (กรัม)	ความเข้มข้นของเอทานอลในสารป้อน (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ความเข้มข้นของเอทานอลในเพอร์มิเอ (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ฟลักซ์ของสารละลาย (กรัม/ตร.ม-ชั่วโมง)	ค่าการเลือกของเยื่อแผ่น
2	2.36	0.987	0.025	649.2	2810
4	4.26	0.982	0.023	548.3	2280
6	4.30	0.976	0.024	396.0	1641
8	5.27	0.980	0.034	364.0	1373

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-31 ข้อมูลการทดลองการหาค่าฟลักซ์ของสารละลายและค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟน ที่ผ่านการใช้งานแล้วและนำกลับมาใช้ใหม่

ระยะเวลาที่ใช้ในการแช่เยื่อแผ่น (ชั่วโมง)	น้ำหนักเพอร์มิเอต (กรัม)	ความเข้มข้นของเอทานอลในสารป้อน (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ความเข้มข้นของเอทานอลในเพอร์มิเอ (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ฟลักซ์ของสารละลาย (กรัม/ตร.ม-ชั่วโมง)	ค่าการเลือกของเยื่อแผ่น
24	6.05	0.974	0.032	334.3	1148
36	7.41	0.978	0.036	409.4	1189
72	8.30	0.980	0.048	458.6	972
96	9.01	0.980	0.054	497.5	866

ตารางที่ ง-32 ข้อมูลการทดลองการหาค่าฟลักซ์ของสารละลายและค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟน ที่ผ่านการใช้ในกระบวนการเพอร์แวเพอเรชันและการ aging (ข้อมูลที่ได้เปรียบเทียบกับตารางที่ ง-34)

ระยะเวลาที่ใช้ในการแช่เยื่อแผ่น (ชั่วโมง)	น้ำหนักเพอร์มิเอต (กรัม)	ความเข้มข้นของเอทานอลในสารป้อน (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ความเข้มข้นของเอทานอลในเพอร์มิเอ (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ฟลักซ์ของสารละลาย (กรัม/ตร.ม-ชั่วโมง)	ค่าการเลือกของเยื่อแผ่น
24	5.54	0.982	0.039	306.1	1317
36	6.78	0.980	0.038	374.3	1240
72	5.93	0.985	0.041	327.3	1536
96	6.81	0.983	0.040	376.0	1388

ตารางที่ ง-33 ข้อมูลการทดลองการหาค่าฟลักซ์ของสารละลายและค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเซลโลเฟนที่อุณหภูมิของสารป้อน 60 องศาเซลเซียส และความดันเพอร์มิเอต -400 มิลลิเมตร และเวลาที่ใช้ในการทดลอง 5 ชั่วโมง

จำนวนครั้งที่ทำการทดลองซ้ำ	น้ำหนักเพอร์มิเอต (กรัม)	ความเข้มข้นของเอทานอลในสารป้อน (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ความเข้มข้นของเอทานอลในเพอร์มิเอ (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ฟลักซ์ของสารละลาย (กรัม/ตร.ม-ชั่วโมง)	ค่าการเลือกของเยื่อแผ่น
1	15.98	0.935	0.140	1765.7	89
2	16.77	0.928	0.149	1853.0	74
3	15.55	0.892	0.093	1718.2	81
4	15.35	0.943	0.115	1696.1	127

ตารางที่ ง-34 ข้อมูลการทดลองการหาค่าฟลักซ์ของสารละลายและค่าการเลือกของเยื่อแผ่นแอลจีเนต/เซลโลเฟน ที่ความเข้มข้นแอลจิเนต 2 %โดยน้ำหนัก เมื่อวางโมดุลเยื่อแผ่นในแนว 90 องศา อุณหภูมิของสารป้อน 60 องศาเซลเซียส, ความดันเพอร์มิเอต -400 มิลลิเมตรปรอท และเวลาที่ใช้ในการทดลอง 5 ชั่วโมง

จำนวนครั้งที่ทำการทดลองซ้ำ	น้ำหนักเพอร์มิเอต (กรัม)	ความเข้มข้นของเอทานอลในสารป้อน (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ความเข้มข้นของเอทานอลในเพอร์มิเอ (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ฟลักซ์ของสารละลาย (กรัม/ตร.ม-ชั่วโมง)	ค่าการเลือกของเยื่อแผ่น
1	2.85	0.994	0.051	314.9	3083
2	2.70	0.993	0.045	295.7	3053
3	3.07	0.994	0.057	339.2	2740
4	2.87	0.992	0.039	317.1	3055
5	2.75	0.992	0.041	303.9	2900
6	2.85	0.991	0.039	314.9	2713

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างการคำนวณ

1. การหาดีกรีการพองตัวของเยื่อแผ่น

$$S.W. = \frac{(W_m - D_m)}{D_m} \quad 0$$

เมื่อ $S.W$ คือ ดีกรีการพองตัวของเยื่อแผ่น

W_m คือ น้ำหนักของเยื่อแผ่นหลังจากแช่สารละลาย

D_m คือ น้ำหนักของเยื่อแผ่นก่อนแช่สารละลาย

จากตารางที่ ง-1 เยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนโดยที่ความเข้มข้นแอลจิเนตเท่ากับ 1% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน –300 มิลลิเมตรปรอท

D_m = 1.18 กรัม

W_m = 1.55 กรัม

จะได้ $$S.W. = \frac{1.55-1.18}{1.18} = 0.3136$$

2. การหาความเข้มข้นของเอทานอลและน้ำในเยื่อแผ่น

2.1 ความเข้มข้นของเอทานอลในเยื่อแผ่น

$$x_{Em} = \frac{F_1 x_{E1} - (F_1 - (W_m - D_m))\, x_{E2}}{D_m}$$

เมื่อ F_1 คือ น้ำหนักของสารละลาย

x_{E1} คือ ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลก่อนแช่เยื่อแผ่น

x_{E2} คือ ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลหลังแช่เยื่อแผ่น

จากตารางที่ ง-1 เยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนโดยที่ความเข้มข้นแอลจิเนตเท่ากับ 1% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน –300 มิลลิเมตรปรอท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

F_1	=	3.98	กรัม
x_{E1}	=	0.939	น้ำหนัก/น้ำหนัก
x_{E2}	=	0.972	น้ำหนัก/น้ำหนัก
D_m	=	1.18	กรัม
W_m	=	1.55	กรัม

จะได้

$$x_{Em} = \frac{(3.98 \times 0.939)-(3.98-(1.55-1.18)) \times 0.972}{1.18}$$

$$x_{Em} = 0.1935$$

2.2 ความเข้มข้นของน้ำในเยื่อแผ่น

$$x_{wm} = S.W. - x_{Em}$$

เมื่อ x_{Em} คือ ความเข้มข้นของเอทานอลในเยื่อแผ่น

จากข้อ 1 และ 2.1 จะได้

$$x_{wm} = 0.3136-0.1935$$

$$= 0.1201$$

3. สัมประสิทธิ์การกระจายของน้ำและเอทานอลในเยื่อแผ่น

3.1 สัมประสิทธิ์การกระจายของน้ำ

$$S_w = \frac{x_w^m}{(1-x_E^s)}$$

เมื่อ x_E^s คือ ความเข้มข้นของเอทานอลในสารละลาย

x_w^m คือ ความเข้มข้นของน้ำในเยื่อแผ่น(กรัมน้ำ/กรัมสารละลาย)

$$x_w^m = \frac{x_{wm}}{x_{wm}+x_{Em}}$$

จากข้อ 2.1 และ 2.2 จะได้

$$x_w^m = \frac{0.1201}{0.1201+0.1935}$$

$$= 0.3830$$

จากตารางที่ ง-1 เยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจิเนต/เซลโลเฟนโดยที่ความเข้มข้นแอลจิเนตเท่ากับ 1% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน –300 มิลลิเมตรปรอท

x_E = 0.972 น้ำหนัก/น้ำหนัก

$$S_w = \frac{0.3830}{(1-0.972}$$

$$= 13.6786$$

3.2 สัมประสิทธิ์การกระจายของเอทานอลในเยื่อแผ่น

$$S_E = \frac{x_E^m}{x_E^s}$$

เมื่อ x_E^m คือ ความเข้มข้นของเอทานอลในเยื่อแผ่น(กรัมเอทานอล/กรัมสารละลาย)

$$x_E^m = \frac{x_{Em}}{x_{wm} + x_{Em}}$$

จากข้อ 2.1 และ 2.2 จะได้

$$x_E^m = \frac{0.1935}{0.1201+0.1935}$$

$$= 0.6170$$

เพราะฉะนั้น

$$S_E = \frac{0.6170}{0.972}$$

$$= 0.6348$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. เพอร์เวเพอเรชัน

4.1 เพอร์มิเอชันฟลักซ์ของสารละลาย

$$J = \frac{W}{A.\,t} \quad \text{กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักเพอร์มิเอต

A คือ พื้นที่ผิวเยื่อ

t คือ เวลา

จากตารางที่ ง-7 เยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนโดยที่ความเข้มข้นแอลจีเนตเท่ากับ 1% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน –300 มิลลิเมตรปรอท

W = 2.23 กรัม

A = 18.1 ตารางชนติเมตร (18.1×10^{-4} ดารางเมตร)

t = 5 ชั่วโมง

จะได้ $J = \frac{2.23}{(18.1 \times 10^{-4})(5)}$

= 246.41 กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง

4.2 ฟลักซ์ของเอทานอล

$$J_E = y_E J \quad \text{กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง}$$

เมื่อ y_E คือ ความเข้มข้นของเอทานอลในเพอร์มิเอต

จากตารางที่ ง-7 เยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนโดยที่ความเข้มข้นแอลจีเนตเท่ากับ 1% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน –300 มิลลิเมตรปรอท

y_E = 0.055 น้ำหนัก/น้ำหนัก

จะได้ $J_E = 0.055 \times 246.41$

= 13.55 กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง

4.3 ฟลักซ์ของน้ำ

$$J_W = J - J_E$$ กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง

จากข้อ 4.2 จะได้

$$J_W = 246.41 - 13.55$$

$$= 232.86$$ กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง

5. ค่าการซึมผ่าน

5.1 ค่าการซึมผ่านเยื่อแผ่นของน้ำ

$$P_w = J_w \cdot l$$

เมื่อ l คือ ความหนาของเยื่อแผ่น

จากตารางที่ ง-7 เยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนโดยที่ความเข้มข้นแอลจีเนตเท่ากับ 1% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน –300 มิลลิเมตรปรอท

$$J_W = 232.86$$ กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง

$$l = 35.4 \times 10^{-6}$$ เมตร

จะได้

$$P_w = (232.86)(35.4 \times 10^{-6})$$

$$= 8.2432 \times 10^{-3}$$ กรัม-เมตร/ตารางเมตร-ชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 ค่าการซึมผ่านเยื่อแผ่นของเอทานอล

$$P_E = J_E \cdot l$$

$$= (13.55)(34.5 \times 10^{-6})$$

$$= \quad 0.4798 \times 10^{-3} \quad \text{กรัม-เมตร/ตารางเมตร-ชั่วโมง}$$

6. สัมประสิทธิ์การแพร่

6.1 สัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ

$$D_w = \frac{P_w}{S_w}$$

จากข้อ 3.1 และ 5.1 จะได้

$$D_w = \frac{8.2432 \times 10^{-3}}{13.6786}$$

$$= \quad 0.6026 \times 10^{-3} \quad \text{กรัม-เมตร/ตารางเมตร-ชั่วโมง}$$

เปลี่ยนหน่วยให้อยู่ในรูปของตารางเมตร/ชั่วโมง โดยหารด้วยความเข้มข้นของน้ำในตารางที่ ง-7 ความเข้มข้นของเอทานอลในสารป้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และความดันเพอร์มิเอต –300 มิลลิเมตรปรอท ความเข้มข้นแอลจีเนตที่ใช้คือ 1% โดยน้ำหนัก เท่ากับ 0.969 น้ำหนักโดยน้ำหนัก

$$D_w = \frac{(0.6026 \times 10^{-3})(10^{-6})}{(1-0.969)(0.995)}$$

$$= \quad 0.1954 \times 10^{-7} \quad \text{ตารางเมตร/ชั่วโมง}$$

6.2 สัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอล

$$D_E = \frac{P_E}{S_E}$$

จากข้อ 3.2 และ 5.2 จะได้

$$D_E = \frac{0.4798 \times 10^{-3}}{0.6348}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$= 0.7558 \times 10^{-3} \quad \text{กรัม-เมตร/ตารางเมตร-ชั่วโมง}$$

เปลี่ยนหน่วยให้อยู่ในรูปของตารางเมตร/ชั่วโมง โดยหารด้วยความเข้มข้นของเอทานอล ในตารางที่ ง-7 ความเข้มข้นของเอทานอลในสารป้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และความดันเพอร์มิเอต –300 มิลลิเมตรปรอท ความเข้มข้นแอลจิเนตที่ใช้คือ 1% โดยน้ำหนัก เท่ากับ 0.969 น้ำหนักโดยน้ำหนัก

$$D_E = \frac{(0.7558 \times 10^{-3})(10^{-6})}{(0.969)(0.81)}$$

$$= 0.9630 \times 10^{-9} \quad \text{ตารางเมตร/ชั่วโมง}$$

7. ค่าการเลือก

$$\alpha = \frac{y_W/y_E}{x_W/x_E} = \frac{(1-y_E)/y_E}{(1-x_E)/x_E}$$

เมื่อ y_E, x_E คือ ความเข้มข้นของเอทานอลในเพอร์มิเอตและรีเทนเทรตตามลำดับ

จากตารางที่ ง-7 เยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนโดยที่ความเข้มข้นแอลจีเนตเท่ากับ 1% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน –300 มิลลิเมตรปรอท

$$y_E = 0.055 \quad \text{น้ำหนัก/น้ำหนัก}$$
$$x_E = 0.969 \quad \text{น้ำหนัก/น้ำหนัก}$$

จะได้

$$\alpha = \frac{(1-0.055)/0.055}{(1-0.969)/0.969}$$

$$= 537$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Type : PT-300 (Cellophane Paper)

Non-moistureproof, Non-heatsealing

Article		Unit	Standard	Measurement	Method
Weight		g/m^2	28.2-32.8	30.0	JIS-Z-1521
Thickness		mm	over 0.018	0.020	JIS-Z-1521
Tensile Strength	M.D.	kg/15mm	over 2.2	3.5	JIS-Z-1521
	Y.D.	kg/15mm	over 1.2	2.0	JIS-Z-1521
Elongation	M.D.	%	over 10	27.3	JIS-Z-1521
	T.D.	%	over 20	51.9	JIS-Z-1521
Moisture		%	7.5-8.5	8.0	Company Standard
Reel length		m	4000	4000	------

Condition : JIS-Z-1521-1974

$20^{\circ}C$, 65% RH

leave it for 8 hour

JIS = Japanese Industrial Standard

M.D. = Machine direction

T.D. = Traverse direction

แหล่งข้อมูล : Strongpack company

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวณัฐทิพย์ โล่ห์สถาพรพิพิธ เกิดวันที่ 26 มิถุนายน พ.ศ. 2520 ที่แขวงบางนา กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีทางอาหาร) คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2541

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย