รายการอ้างอิง

1. Friedl, A., Qureshi, N. and Maddox, I.S. Continuous aceton-butanol-ethanol (ABE) fermentation using immobilized cells of Clostridium acetobutylicum in a packed reactor and integration with product removal by pervaporation. Biotechnology and Bioengineering 38(August 1991): 518-527.

2. Matsumura, M. and Kataoka, H. Separation of dilute aqueous butanol and acetone solutions by pervaporation through liquid membranes. Biotechnology and Bioengineering 30(November 1987): 887-895.

3. สารทูล เยี่ยมสมบัติ. การทำให้น้ำหมักบิวทานอลเข้มข้นขึ้นโดยกระบวนการออสโม-ซิสย้อนกลับ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534.

4. Strathmann, H., Bell, C. -M. and Kerres, J. Gas separation and pervaporation: membrane and module development. Desalination 77(1990): 259-278.

5. Matsumura, M., Kataoka, H., Sueki, M. and Araki, K. Energy saving effect of pervaporation using oleyl alcohol liquid membrane in butanol purification. Bioprocess Engineering 3(1988): 93-100.

6. Boddeker, K.W ., Bengtson, G. and Pingel, H. Pervaporation of isomeric butanols. Journal of Membrane Science 54(November 1990): 1-12.

7. Muenduen Pisalpong. Application of ultrafiltration for improved produuctivity in continuous acetone-butanol fermentation. Master's thesis. Chulalongkorn University. 1989

8. Karlsson, H.O.E. and Tragardh, G. Pervaporation of dilute organic-waters mixtures. A literature review on modelling studies and applications to aroma compound recovery. Journal of Membrane Science 76(1993): 121-146.

9. Rautenbach, R. and Albrecht, R. Membrane Process. Newyork: John Wiley & sons Ltd. 1989

10. Blume, I., Wijmans, J.G. and Baker, R.W. The separation of dissolved organics from water by pervaporation. Journal of Membrane Science 49(April 1990) : 253-286.

11. Chen, M.S.K., Markiewicz, G.S. and Venugopal, K.G. Development of membrane pervaporation TRIM^{TM} process for methanol recovery from CH_3OH / MTBE/C_4 mixtures. Membrane Separation in Chemical Engineering AIChE Symposium Series 85(1989): 82-88.

12. Schissel, P. and Orth, R.A. Separation of ethanol-water mixtures by pervaporation through thin, composite membranes. Journal of Membrane Science 17 (1984): 109- 120.

13. Matsumura, M., Takehara, S. and Kataoka, H. Continuous butanol/isopropanol fermentation in down-flow column reactor coupled with pervaporation using supported liquid membrane. Biotechnology and Bioengineering 39 (January 1992): 148-156.

14. Masawaki, T., Ohno, T., Taya, M. and Tone, S. Separation of butanol from butanol-oleyl alcohol mixture by pervaporation with poly(dimethylsiloxane) hollow-fiber membrane. Journal of Chemical Engineering of Japan. 25 (1992): 257-262.

15. Groot, W.J. and Luyben, K.Ch.A.M. Continuous production of butanol from a glucose/xylose mixture with an immobilized cell system coupled to pervaporation. Biotechnology Letters 9(1987): 867-870.

16. _____., Reyer, M.C.H., Faille, T.B., Lans, R.G.J.M. and Luybem, K.Ch.A.M. Integration of pervaporation and continuous butanol fermentation with immobilized cells I: experimental results. The Chemical Engineering Journal 46(1991): B1-B10.

17. Larrayoz, M.A. and Puigjaner, L. Study of butanol extraction through pervaporation in acetobutylic fermentation. Biotechnology and Bioengineering 30(October 1987): 692-696.

18. ปรีชา พหลเทพ. โพลีเมอร์. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2531.

19. Groot, W.J., Baart de la Faille, Donck, P.B., R.G.J.M. van der Lans and K.Ch.A.M. Luyben. Mass transfer in silicone rubber membranes for the recovery of fermentation products by pervaporation and perstraction. Bioseparation 2 (1991): 261-277.

20. Nguyen, T.Q. The influence of operating parameters on the performance of pervaporation processes. Industrial membrane process AIChE Symposium Series 82 (1986): 1-11.

21. Boddeker, K.W. Terminology in pervaporation. Journal of Membrane Science 51 (1990): 259-272.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

<u>การคำนวณ</u>

1. เพอร์เวเพอเรชัน

1.1 เพอมิเอชันฟลักซ์ของสารละลาย

$$J = \frac{W}{A * t}$$ กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง

W น้ำหนักเพอมิเอท

A พื้นที่ผิวของเยื่อ

t เวลา

1.2 ฟลักซ์ของบิวทานอล

$J_B = y_B J$ กรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง

y_B ความเข้มข้นของบิวทานอลในเพอมิเอท

1.3 ฟลักซ์ของน้ำ

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

1.4 แฟคเตอร์การแยก

$$\beta = \frac{y_B / y_W}{x_B / x_W} = \frac{y_B / (1 - y_B)}{x_B / (1 - x_B)}$$

x_B ความเข้มข้นของบิวทานอลในสารป้อน

x_w ความเข้มข้นของน้ำในสารป้อน

y_w ความเข้มข้นของน้ำในเพอร์มิเอท

2. การดูดซึมสารละลายน้ำ-บิวทานอลโดยยางซิลิโคน

2.1 เปอร์เซนต์การดูดซึมสารละลายของยางซิลิโคน

$$\%sorption = \frac{(W2 - W1) * 100}{W1}$$ เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

2.2 ความเข้มข้นของบิวทานอลในยางซิลิโคน

ภาคผนวก ข

ตารางที่ 1 ข้อมูลสมดุลระหว่างของเหลวและไอของสารละลายน้ำ-บิวทานอลที่ความดันบรรยากาศ[6]

ความเข้มข้นของบิวทานอลในของเหลว (เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก)	ความเข้มข้นของบิวทานอลในไอ (เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก)
0.005	0.08
0.01	0.16
0.015	0.22
0.02	0.26
0.025	0.3
0.03	0.32
0.035	0.34
0.04	0.36

$$x_{BM} = \frac{F_1 x_{B1} - (F_1 - (W_2 - W_1))x_{B2}}{W_1}$$ เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

F_1 น้ำหนักของสารละลายก่อนแช่ยางซิลิโคน

X_{B1} ความเข้มข้นของสารละลายก่อนแช่ยางซิลิโคน

X_{B2} ความเข้มข้นของสารละลายหลังแช่ยางซิลิโคน

W_1 น้ำหนักยางซิลิโคนก่อนแช่

W_2 น้ำหนักยางซิลิโคนหลังแช่

2.3 ความเข้มข้นของน้ำในยางซิลิโคน

$$x_{WM} = \%sorption - x_{BM}$$ เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการทดลอง

1.ความดัน 20 มิลลิเมตรปรอท

ฟลักซ์(กรัมต่อตารางเมตร-ชั่วโมง)

ความเข้มข้นของบิวทานอลในสารป้อน (เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)			
	60	50	40	35
4.378	26.101	21.274	15.612	13.641
3.752	23.305	17.425	12.775	10.209
3.037	23.291	19.279	15.220	12.391
2.204	16.398	13.236	9.699	8.092
1.720	13.968	10.530	7.575	6.447
1.445	12.630	12.188	8.830	7.012
1.069	12.049	9.917	6.296	5.156
1.000	10.771	8.306	6.185	4.876
0.499	9.087	7.018	4.813	3.758

ความเข้มข้นของบิวทานอลในเพอร์มิเอท(เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก)

ความเข้มข้นของบิวทานอลในสารป้อน (เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)			
	60	50	40	35
4.378	64.074	66.480	69.987	69.091
3.752	66.510	63.123	71.892	68.763
3.037	80.735	60.585	73.244	69.849
2.204	68.483	62.678	67.139	69.814
1.720	48.832	49.858	50.520	47.920
1.445	42.936	53.455	54.957	57.226
1.069	34.012	32.775	37.127	37.317
1.000	35.554	36.481	35.347	35.838
0.499	21.849	20.919	20.780	19.421

2. ความดัน 50 มิลลิเมตรปรอท

ฟลักซ์(กรัมต่อตารางเมตร-ชั่วโมง)

ความเข้มข้นของบิวทานอลในสารป้อน (เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)			
	60	50	40	35
4.378		10.133	4.571	3.010
3.752	10.797			
3.037	15.464	9.318	4.195	2.836
2.204	8.413	8.058	3.438	2.197
1.720	9.402			
1.445	8.012	6.601	2.993	2.122
1.069	8.344			
1.000	8.058	4.627	2.078	1.447
0.499	7.923	4.433	2.597	1.105

ความเข้มข้นของบิวทานอลในเพอร์มิเอท(เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก)

ความเข้มข้นของบิวทานอลในสารป้อน (เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)			
	60	50	40	35
4.378		57.790	51.765	50.188
3.752	43.594			
3.037	60.726	58.688	49.417	41.270
2.204	46.408	49.341	44.935	35.950
1.720	39.122			
1.445	34.559	30.463	33.201	28.623
1.069	27.393			
1.000	28.234	.22.256	20.585	14.480
0.499	11.800	13.171	10.246	8.081

3.อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

ฟลักซ์(กรัมต่อตารางเมตร-ชั่วโมง)

ความเข้มข้นของบิวทานอลในสารป้อน (เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก)	ความดันเพอร์มิเอท(มิลลิเมตรปรอท)			
	50	40	30	20
4.378	13.641	8.01	4.964	3.01
3.752				10.209
3.037	2.836	3.765	6.964	12.391
2.204	2.197	4.073	5.627	8.092
1.720				6.447
1.445	2.122	4.310	3.972	7.012
1.069				5.156
1.000	1.447	1.773	3.802	4.876
0.499	1.105	2.045	3.147	3.758

ความเข้มข้นของบิวทานอลในเพอร์มิเอท(เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก)

ความเข้มข้นของบิวทานอลในสารป้อน (เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก)	ความดันเพอร์มิเอท(มิลลิเมตรปรอท)			
	50	40	30	20
4.378	50.188	52.800	58.721	69.091
3.752				68.763
3.037	41.270	46.450	59.685	69.849
2.204	35.950	52.058	56.672	69.814
1.720				47.920
1.445	28.623	26.111	40.275	57.226
1.069				37.317
1.000	14.480	18.675	34.398	35.838
0.499	8.081	11.009	14.574	19.421

4. อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ฟลักซ์(กรัมต่อตารางเมตร-ชั่วโมง)

ความเข้มข้นของบิวทานอลในสารป้อน (เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก)	ความดันเพอร์มิเอท(มิลลิเมตรปรอท)			
	50	40	30	20
4.378			19.258	26.101
3.752	10.797	14.806	19.777	23.305
3.037	15.464	17.025	15.620	23.291
2.204	8.413	11.843	16.708	16.398
1.720	9.402	11.550	12.179	13.968
1.445	8.012	13.276	11.947	12.630
1.069	8.344	6.947	11.234	12.049
1.000	8.058	8.735	9.860	10.771
0.499	7.923	7.480	8.563	9.087

ความเข้มข้นของบิวทานอลในเพอร์มิเอท(เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก)

ความเข้มข้นของบิวทานอลในสารป้อน (เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก)	ความดันเพอร์มิเอท(มิลลิเมตรปรอท)			
	50	40	30	20
4.378			61.194	64.074
3.752	43.594	57.597	64.947	66.510
3.037	60.726	64.129	51.300	80.735
2.204	46.408	57.731	53.628	68.483
1.720	39.122	43.116	46.242	48.832
1.445	34.559	44.690	40.265	42.936
1.069	27.393	9.180	34.110	34.012
1.000	28.234	29.102	31.742	35.554
0.499	11.800	14.565	19.151	21.849

5191

ประวัติผู้เขียน

นางสาว ชมพูนุท พิภพลาภอนันต์ เกิดวันที่ 13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2513 ที่อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2534