เพอร์เวเพอเรชันของของผสมน้ำ-บิวทานอล

นางสาว ชมพูนุท พิภพลาภอนันต์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2537

ISBN 974-584-976-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17211414

PERVAPORATION OF WATER - BUTANOL MIXTURES

Miss Chompunut Pipoplapanant

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Chemical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1994

ISBN 974-584-976-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เพอร์เวเพอเรชันของของผสมน้ำ-บิวทานอล
โดย	นางสาว ชมพูนุท พิภพลาภอนันต์
ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. เกริกชัย สุกาญจนัจที)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ชมพูนุท พิภพลาภอนันต์ : เพอร์เวเพอเรชันของของผสมน้ำ-บิวทานอล (PERVAPORATION OF WATER-BUTANOL MIXTURES) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์, 66 หน้า. ISBN 974-584-976-6

กระบวนการเพอร์เวเพอเรชันสามารถใช้แยกบิวทานอลออกจากสารละลายน้ำ-บิวทานอล โดยใช้เยื่อที่ทำจากท่อยางซิลิโคน ได้ทำการทดลองโดยใช้สารป้อนที่มีความเข้มข้นของบิวทานอลจาก 0.5-4.38 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิในการดำเนินการมีค่าระหว่าง 35-60 องศาเซลเซียส และความดันเพอร์มิเอท 20-50 มิลลิเมตรปรอท ผลการทดลองแสดงว่าฟลักซ์ของบิวทานอลมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของบิวทานอลในสารป้อนและอุณหภูมิสูงขึ้น และที่ความดันเพอร์มิเอทมีค่าลดลง ในขณะที่ฟลักซ์ของน้ำจะมีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วงความเข้มข้นของสารป้อนที่ศึกษา ฟลักซ์ของน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและลดความดันเพอร์มิเอทลง

จากการอธิบายผลการทดลองด้วยแบบจำลองการละลาย-การแพร่พบว่า ในเยื่อยางซิลิโคนไม่มีการพองตัวอันเนื่องมาจากการกักบิวทานอลและน้ำไว้ ความเข้มข้นของบิวทานอลในสารป้อนและอุณหภูมิมีผลต่อแฟคเตอร์การแยกน้อยมาก เนื่องจากการทดลองอยู่ในช่วงที่สารละลายเจือจาง แฟคเตอร์การแยกมีค่าประมาณ 20 ถึง 60 และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความดันเพอร์มิเอทลดลง

ความหนาของเยื่อที่ใช้ในการทดลองจะมีอิทธิพลอย่างมากต่อฟลักซ์ของสาร แต่มีผลต่อความเข้มข้นของเพอร์มิเอทน้อยมาก ฟลักซ์ของสารผ่านเยื่อที่หนามีค่าลดลงเนื่องจากความต้านทานของเยื่อที่มากขึ้น

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต ชมพูนุท พิภพลาภอนันต์

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

C516849 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD: PERVAPORATION/ BUTANOL/ NON POROUS POLYMERIC MEMBRANE
CHOMPUNUT PIPOPLAPANANT : PERVAPORATION OF WATER-BUTANOL MIXTURES.
THESIS ADVISOR : ASSO.PROF.CHIRAKARN MUANGNAPOH, D.Ing., 66 pp.
ISBN 974-584-976-6

The pervaporation is a promising technique for the removal of butanol from dilute aqueous solution by using silicone rubber tubular membrane. The experiments were performed at various concentrations of butanol in feed solution (from 0.5 to 4.38% by weight), temperatures (from 35^0C to 60^0C) and permeate pressures (from 20 mmHg to 50 mmHg). The experimental results showed that the butanol flux increased with increasing temperature, concentration of butanol in feed solution and with lowering permeate pressure. The water flux was constant in each temperature and increased with increasing temperature and with lowening permeate pressure.

By solution-diffusion model, for dilute aqueous solution, there was no swelling effect neither butanol nor water on the membrane. We also found that either butanol concentration in feed solution or temperature had slightly effect on separation factor due to dilute butanol concentration. The range of separation factor was from 20 to 60.

This study was also concluded that the slower permeation flux obtained with thicker (1 mm.) membrane was due to greater resistance in membrane.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ได้สำเร็จลุล่วงด้วยความความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ ดร. จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์เหมือนเดือน พิศาลพงศ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช และ รองศาสตราจารย์ ดร. เกริกชัย สุกาญจนัจที ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด ขอขอบคุณเพื่อนๆที่ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และกำลังใจแก่ผู้วิจัย

เนื่องจากทุนวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย และภาควิชาวิศวกรรมเคมี จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ซึ่งสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ญ
คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ	ฏ
บทที่	
1. บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
2. ตรวจเอกสาร	3
สมบัติและการใช้ประโยชน์ของบิวทานอล	3
การผลิตบิวทานอลโดยการหมัก	3
กระบวนการเพอร์เวเพอเรชัน	4
การแยกสารผสมน้ำ-บิวทานอลโดยกระบวนการเพอเวเปอเรชั่น	8
เยื่อที่ใช้แยกสารอินทรีย์ออกจากน้ำ	10
การพัฒนากระบวนการเพอร์เวเพอเรชัน	11
3. ทฤษฎี	14
กระบวนการเพอร์เวเพอเรชัน	14
พารามิเตอร์ที่มีผลต่อการทำงานของกระบวนการเพอร์เวเพอเรชัน	21
เยื่อและโมดุล	27
4. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย	31
เคมีภัณฑ์	31
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	31

บทที่		หน้า
	วิธีการทดลอง	33
5.	ผลการทดลอง วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง	35
	การดูดซึมของสารละลายในเยื่อแผ่นยางซิลิโคน	35
	เพอร์เวเพอเรชันของของผสมน้ำ-บิวทานอล	36
	สรุปผลการทดลอง	52
	ข้อเสนอแนะ	53
เอกสารอ้างอิง		54
ภาคผนวก		58
ประวัติผู้แต่ง		66

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 ผลของการเติมซิลิคาไลท์ในยางซิลิโคนต่อเพอร์เวเพอเรชันของของผสม..... 10
น้ำ-เอทานอล

2 เพอร์เวเพอเรชันของของผสมน้ำ-บิวทานอลโดยใช้เยื่อต่างๆ..... 10

3 สัมประสิทธิ์การกระจายของบิวทานอลและน้ำในยางซิลิโคน..... 35

4 ค่าการซึมผ่านของบิวทานอล(permeability = D_BK_B) ที่ความดันเพอร์มิเอท..... 38
20 มิลลิเมตรปรอท

5 สัมประสิทธิ์การแพร่ของสาร(D)ในเยื่อแผ่นยางซิลิโคนที่ความดันเพอร์มิเอท..... 38
20 มิลลิเมตรปรอท

6 แสดงผลของความหนาของเยื่อที่มีต่อกระบวนการเพอร์เวเพอเรชัน..... 39

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1 พลังงานจำเพาะในการทำให้บิวทานอลบริสุทธิ์ 4
2 แผนภาพแสดงการดึงน้ำออกจากตัวทำละลายโดยเพอร์เวเพอเรชัน 5
3 การดึงเมทานอลกลับในกระบวนการผลิตMTBE 6
4 การดึงกลับสารระเหยง่ายโดยเพอร์เวเพอเรชัน 7
5 การแยกและทำให้บิวทานอลบริสุทธิ์ 9
6 การใช้เพอร์เวเพอเรชันร่วมกับการหมักบิวทานอล 9
7 เยื่อแบบไม่สมมาตร 11
8 การเปรียบเทียบการใช้เยื่อไม่สมมาตรกับเยื่อที่ไม่มีรูพรุนที่มีความหนารวมเท่ากัน 12
(ระบบ: น้ำ-บิวทานอล-เซลลูโลสอะซิเตท)
9 เพอร์เวเพอเรชันของของผสมน้ำ-เอทานอลผ่านเยื่อเซลลูโลสอะซีเตท 13
10 แสดงกระบวนการเพอร์เวเพอเรชัน 14
11 ไอโซเทอร์มของการดูดซึม 16
12 การกระจายความเข้มข้นและความดันในแผ่นเยื่อแบบการละลายและการแพร่ 18
13 แผนภาพทอมป์สัน(Thompson) 19
14 แผนภาพแม็คเคป-ทิล(McCabe-Thiele) 21
15 การพองตัวของโพลีเมอร์ 24
16 ผลของความเข้มข้นของสารป้อนต่อฟลักซ์และค่าการเลือก 24
17 เพอร์เวเพอเรชันต่อเนื่องที่มีการต่อโมดุลแบบอนุกรม 25
18 เพอร์เวเพอเรชันต่อเนื่องที่มีการดึงกลับผลิตภัณฑ์บางส่วน 25
19 แผนภาพแสดงการกระจายของความเข้มข้นในชั้นขอบเขตที่ผิวเยื่อ 25
20 ผลของความดันด้านออกที่มีต่อการถ่ายเทมวลผ่านเยื่อ 27
21 โมดุลแบบแผ่นเรียบและกรอบ 28
22 โมดุลแบบท่อ 29
23 โมดุลแบบม้วน 29

รูปที่ หน้า

24 โมดุลแบบเส้นใยกลวง..... 30
25 เพอร์เวเพอเรชันแบบต่อเนื่อง..... 30
26 แผนภาพแสดงเครื่องมือในการทดลองเพอร์เวเพอเรชัน..... 33
27 ฟลักซ์ของบิวทานอลต่อความเข้มข้นของบิวทานอลในสารป้อนที่อุณหภูมิคงที่..... 40
28 ฟลักซ์ของบิวทานอลต่อความเข้มข้นของบิวทานอลในสารป้อนที่ความดันเพอร์มิเอท คงที่ 41
29 ฟลักซ์ของน้ำต่อความเข้มข้นของบิวทานอลในสารป้อนที่อุณหภูมิคงที่..... 42
30 ฟลักซ์ของน้ำต่อความเข้มข้นของบิวทานอลในสารป้อน.ที่ความดันเพอร์มิเอทคงที่..... 43
31 ฟลักซ์ของเพอร์มิเอทต่อความเข้มข้นของบิวทานอลในสารป้อนที่อุณหภูคงที่..... 44
32 ฟลักซ์ของเพอร์มิเอทต่อความเข้มข้นของบิวทานอลในสารป้อนที่ความดันเพอร์มิเอท. คงที่ 45
33 ความเข้มข้นของบิวทานอลในเพอร์มิเอทและในสารป้อนที่อุณหภูมิคงที่..... 46
34 ความเข้มข้นของบิวทานอลในเพอร์มิเอทและในสารป้อน.ที่ความดันเพอร์มิเอทคงที่... 47
35 แฟคเตอร์การแยกต่อความเข้มข้นของบิวทานอลในสารป้อนที่อุณหภูมิคงที่..... 48
36 แฟคเตอร์การแยกต่อความเข้มข้นของบิวทานอลในสารป้อนที่ความดันเพอร์มิเอท..... คงที่ 49
37 ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ของบิวทานอลและน้ำกับอุณหภูมิที่ความดันเพอร์มิเอท... 20 มิลลิเมตรปรอท 50
38 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของบิวทานอลในสารป้อนและในเพอร์มิเอทโดย..... เพอร์เวเพอเรชันและการกลายเป็นไอ 51

สัญญลักษณ์

S	สัมประสิทธิ์การกระจาย(distribution coefficient)
X	สัดส่วนโดยโมลของสาร
χ	พารามิเตอร์แสดงแรงกระทำระหว่างของเหลวกับโพลีเมอร์(liquid-membrane interaction parameter)
γ	แอคติวิตีโคเอฟฟีเซียน(activity coefficient)
J	ฟลักซ์
D	สัมประสิทธิ์การแพร่ (diffusion coefficient)
b	สัมประสิทธิ์พลาสติไซซิ่ง(plasticizing coefficient)
c	ความเข้มข้นของสาร
Ep	พลังงานกระตุ้นปรากฏของการซึมผ่าน
Ed	พลังงานกระตุ้นปรากฏของการแพร่
Es	ความร้อนของการดูดซึม
R	ค่าคงที่ของก๊าซ(gas constant)
T	อุณหภูมิ
P	ความดัน
P^o	ความดันไอ(vapor pressure)
p_i	ความดันย่อย(partial pressure)
P_i	ค่าการซึมผ่านของสารi (permeability)
β	แฟคเตอร์การแยก(separation factor)
α	ค่าการเลือก(selectivity)
a	แอคติวิตี(activity)