การแยกและการทำให้ตัวทำละลายเข้มข้นจากน้ำหมักอะซิโตน-บิวทานอล

ด้วยกระบวนการเพอร์เวเพอเรชัน

นายณรงค์ชัย ประภากรวิริยะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2539

ISBN 974-633-678-9

SOLVENT SEPARATION AND CONCENTRATION FROM ACETONE-BUTANOL FERMENTATION BROTH BY THE PERVAPORATION PROCESS

Mr. Narongechai Prapakornwiriya

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the degree of Master of Engineering

Department of Chemical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1996

ISBN 974-633-678-9

Thesis Title	Solvent Separation and Concentration from Acetone-Butanol Fermentation Broth by The Pervaporation Process.
By	Mr. Narongechai Prapakornwiriya
Department	Chemical Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Chirakarn Muangnapoh, Dr.Ing.

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of Requirements for the Master's Degree

.... Dean of Graduate School

(Associate Professor Santi Thoongsuwan, Ph.D.)

Thesis Committee

.... Chairman

(Professor Piyasan Prasertdam, Dr.Ing)

.... Thesis Advisor

(Associate Professor Chirakarn Muangnapoh, Dr.Ing.)

.... Member

(Associate Professor Kroekchai Sukanjnajtee, Ph.D.)

.... Member

(Assistance Professor Dawan Wiwattanadate, Ph.D.)

.... Member

(Seeroong Prichanont, Ph.D.)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ณรงค์ชัย ประภากรวิริยะ : การแยกและการทำให้ตัวทำละลายเข้มข้นจากน้ำหมักอะซิโตน-บิวทานอล ด้วยกระบวนการเพอร์เวเพอเรชัน (SOLVENT SEPARATIOPN AND CONCENTRATION FROM ACETONE-BUTANOL FERMENTATION BROTH BY THE PERVAPORATION PROCESS) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์, 128 หน้า. ISBN 974-633-678-9

การแยกและทำให้ตัวทำละลายเข้มข้นจากของผสม น้ำ-อะซิโตน-บิวทานอล-เอทานอล-กรดอะซิติก-กรดบิวทิริก และ น้ำหมักอะซิโตน-บิวทานอล โดยกระบวนการเพอร์เวเพอเรชัน ด้วยเยื่อแผ่นซิลิโคนแบบท่อมัด ได้กระทำขึ้นที่อุณหภูมิสายป้อนระหว่าง 40-80 องศาเซลเซียส, ความดันด้านเพอร์มิเอตระหว่าง 2-30 ทอร์ และความหนาของเยื่อแผ่นระหว่าง 0.25-1.0 มิลลิเมตร ความเข้มข้นของบิวทานอล อะซิโตน เอทานอล กรดอะซิติก และกรดบิวทิริก ในสารป้อนคือ 0.7, 0.6, 0.25, 0.5 และ 0.2 กรัม/ลิตร ตามลำดับ ภาวะที่เหมาะสมต่อการปฏิบัติงานคือ อุณหภูมิขาเข้าอยู่ที่ 60 องศาเซลเซียส, ความดันด้านเพอร์มิเอต 2 ทอร์ และความหนาเยื่อแผ่น 0.25 มิลลิเมตร โดยค่าเพอร์มิเอชันฟลักซ์, ความเข้มข้นด้านเพอร์มิเอต, ค่าการเลือกของเยื่อแผ่น และค่าการเก็บเกี่ยวโดยมวลของบิวทานอลจากของผสมน้ำ-อะซิโตน-บิวทานอล-เอทานอล-กรดอะซิติก-กรดบิวทิริก มีค่า 11.29 กรัม/ม^2.ชั่วโมง, 24.99% โดยน้ำหนัก, 47.26 และ 9.11% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และของน้ำหมักอะซิโตน-บิวทานอล คือ 8.76 กรัม/ม^2.ชั่วโมง, 23.02 % โดยน้ำหนัก, 43.86 และ 7.01% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ค่าเพอร์มิเอชันฟลักซ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิสายป้อน, ลดความดันด้านเพอร์มิเอต และ ลดความหนาของเยื่อแผ่น ส่วนค่าความเข้มข้นด้านเพอร์มิเอตและค่าการเลือกของเยื่อแผ่นจะไม่เปลี่ยนแปลงตามการเพิ่มของอุณหภูมิสายป้อนและความดันด้านเพอร์มิเอต เยื่อแผ่นที่หนาจะให้ค่าความเข้มข้นของเพอร์มิเอตและค่าการเลือกของเยื่อแผ่นสูงสำหรับความสามารถในการซึมผ่านและสัมประสิทธิ์การแพร่ที่คำนวณได้จากแบบจำลองสารละลาย-การแพร่ พบว่า ความสามารถในการซึมผ่านจะเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักโมเลกุลของสาร ส่วนสัมประสิทธิ์การแพร่จะลดลงตามการเพิ่มน้ำหนักโมเลกุลของสาร

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี	ลายมือชื่อนิสิต ....
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....
ปีการศึกษา 2538	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....

C616857 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD: ACETONE-BUTANOL FERMENTATION BROTH/ PERVAPORATION/ SOLVENT SEPARATION
NARONGECHAI PRAPAKORNWIRIYA : SOLVENT SEPARATION AND CONCENTRATION FROM ACETONE-BUTANOL FERMENTATION BROTH BY THE PERVAPORATION PROCESS. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. CHIRAKARN MUANGNAPOH, Dr. Ing., 128 pp. ISBN 974-633-678-9

Solvent separation and concentration from water-acetone-butanol-ethanol-acetic acid-butyric acid mixtures and acetone-butanol fermentation broth by the pervaporation process with silicone rubber hollow fiber membrane, were carried out at varied feed temperature between 40-80 °C, permeation pressure between 2-30 torr and membrane thickness between 0.25-1.0 mm. Concentrations of butanol, acetone, ethanol, acetic acid and butyric acid of feed solution were 0.7, 0.6, 0.25, 0.5 and 0.2 g/L, respectively. The optimum operating conditions for this process were at a feed temperature of 60°C, permeation pressure of 2 torr and membrane thickness of 0.25 mm. The permeation flux, permeation concentration membrane selectivity and mass recovery of butanol in water-acetone-butanol-acetic acid-butyric mixtures were 11.29 $g/m^2.h$, 24.99 %wt., 47.26, and 9.11 %wt., respectively and those in acetone-butanol fermentation broth were 8.76 $g/m^2.h$, 23.02 %wt., 43.86, and 7.01 %wt., respectively. The permeation flux was increased with increasing feed temperature, decreasing permeation pressure and decreasing membrane thickness. Permeation concentration and membrane selectivity were irrelevant to the change in feed temperature and permeation pressure. Thick membrane will provide high permeation concentration and membrane selectivity. Results obtained from the solution-diffusion model indicated that permeability increased as molecular weight increased, whereas the opposite was found for diffusivity.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี	ลายมือชื่อนิสิต N. Prapakornwiriya
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Chirakarn Muangnapoh
ปีการศึกษา 2538	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

Acknowledgment

The author would like to express his gratitude and deep appreciation to his advisor, Associate Professor Dr. Chirakarn Muangnapoh, for her encouraging guidance, supervision, and helpful suggestions throughout this study. In addition, he is also grateful to Professor Dr. Piyasarn Prasethdama for serving as chairman, Associate Professor Dr. Kroehchai Sukanjnajtee Assistance Professor Dr. Dawan Wiwattanadate and Dr. Seeroong Prichanont as members of the thesis committee.

An indebtedness is also felt for the financial support for this research from the National Science and Technology Development Agency, and Chemical Engineering Department, Chulalongkorn University.

Furthermore, many thanks go to his friends, and all those who encouraged him over the years of the study.

Finally, he wishes to convey his most sincere gratitude to his family members who have always been the source of his aspiration.

Contents

Chapter Page

List of Tables

Table Page

Table Page

Table Page

Table Page

Table Page

List of Figures

Figure Page

Figure Page

Figure Page

Figure Page

Figure Page

Figure Page

Figure Page

Figure Page

Nomenclature

A	= Effective membrane area	$[m^2]$
b	= Swelling parameter	$[m^3.g^{-1}]$
c	= Concentration	$l^{-1}]$
D	= Diffusivity coefficient	$[h^{-1}]$
E	= Activation energy	$[J.mol^{-1}]$
F	= Weight of Initial Solution	[g]
J	= Permeation flux	$[g.m^{-2}.h^{-1}]$
k	= Henry constant	$[g.l^{-1}.Pa^{-1}]$
l	= Distance across the membrane	[m.]
P	= Permeability	$[m^2.h^{-1}]$
p	= Pressure	[torr
R	= Gas constant	$[J.mol^{-1}.K^{-1}]$
S	= Distribution coefficient	[-]
T	= Temperature	$[^oc]$
t	= Time	[h]
v	= Volumetric flow rate	[l/h]
W	= Weight of silicone tubing	[g]
X	= Liquid membrane interaction	[-]
x	= Mole fraction in feed side	[-]
y	= Mole fraction in permeate side	[-]

Greek Symbols

α	= Separation factor	[-]
β	= Membrane selectivity	[-]
γ	= Activation coefficient	[-]

Subscript, Abbreviation

evap = Evaporation

i,j = Component

il = Component i in liquid

im = Component i in membrane

i,o = Component i without swelling effect

i,oo = Pre-exponential factor

mem = Membrane

o = Pre-exponential factor

p = apparant

pervap = pervaporation

Superscript

' = Feed side

" = Permeate side

o = Vapor

α = Infinite dilution