เพอร์เวเปอร์เรชันของสารละลายเอทานอลในน้ำ โดยใช้เยื่อแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส-อัลจิเนท

นาย นิติศักดิ์ กาญจนโมสิทธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PERVAPORATION OF AQUEOUS ETHANOL SOLUTION USING BACTERIAL CELLULOSE-ALGINATE MEMBRANE

Mr. Nitisak Kanjanamosit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

510380

Thesis Title	PERVAPORATION OF AQUEOUS ETHANOL SOLUTION USING BACTERIAL CELLULOSE-ALGINATE MEMBRANE
By	Mr. Nitisak Kanjanamosit
Field of Study	Chemical Engineering
Thesis Principal Advisor	Associate Professor Muenduen Phisalaphong, Ph.D.
Co-Thesis Advisor	Associate Professor Chirakarn Muangnapoh, Dr.Ing.

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

..... Dean of the Faculty of Engineering

(Associate Professor Boonsom Lerdhirunwong, Dr.Ing.)

THESIS COMMITTEE

..... Chairman

(Professor Piyasan Praserthdam, Dr.Ing.)

..... Thesis Principal Advisor

(Associate Professor Muenduen Phisalaphong, Ph.D.)

..... Co-Thesis Advisor

(Associate Professor Chirakarn Muangnapoh, Dr.Ing.)

..... External Member

(Associate Professor Metta Chareonpanich, D.Eng.)

..... Member

(Assistant Professor Artiwan Shotipruk, Ph.D.)

นิติศักดิ์ กาญจนโมสิทธิ์ : เพอร์เวเปอร์เรชันของสารละลายเอทานอล โดยใช้เยื่อแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส-อัลจิเนท (PERVAPORATION OF AQUEOUS ETHANOL SOLUTION USING BACTERIAL CELLULOSE-ALGINATE MEMBRANE. อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. ดร. เหมือนเดือน พิศาลพงศ์, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : รศ. ดร. จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์, 71 หน้า

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาเยื่อแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสเพื่อใช้สำหรับกระบวนการดึงน้ำจากสารละลายเอทานอลโดยการเติมอัลจิเนท 0.5-1 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก ต่อปริมาตร) ลงไประหว่างการสังเคราะห์ทางชีวภาพ เพื่อให้เข้าใจถึงกลไกกระบวนแยกโดยเมมเบรน เพอร์เวเปอร์เรชัน เยื่อแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสและเยื่อแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส-อัลจิเนทที่สร้างขึ้น ได้ถูกนำไปศึกษาถึงแรงกระทำระหว่างโมเลกุลด้วยเครื่อง Fourier infrared spectroscopy, ความแข็งแรงเชิงกล ด้วยเครื่อง Instron testing machine รวมทั้งศึกษาเปอร์เซ็นต์การบวมน้ำและอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของเยื่อแผ่น จากการทดลองในกระบวนการเพอร์เวเปอร์เรชัน พบว่าเยื่อแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่เติม 1%อัลจิเนทในอาหารเลี้ยงเชื้อให้ค่าการแยกของเมมเบรนสูงกว่าแผ่นเยื่อที่ไม่เติมอัลจิเนท โดยค่าการแยกจะเพิ่มตามปริมาณอัลจิเนทในเยื่อแผ่น นอกจากนี้การเพิ่มความหนาของเยื่อแผ่น จะทำให้ค่าการแยกเพิ่มขึ้นอย่างมาก อีกทั้งค่าการแยกและค่าฟลักซ์รวม สามารถเพิ่มขึ้นโดยการลดความดันด้านเพอร์มิเอท

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต.....นิติศักดิ์ กาญจนโมสิทธิ์.....

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2551 ลายมือชื่ออ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

5070323621 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: BACTERIAL CELLULOSE / ALGINATE/ PERVAPORATION

NITISAK KANJANAMOSIT : PERVAPORATION OF AQUEOUS ETHANOL SOLUTION USING BACTERIAL CELLULOSE-ALGINATE MEMBRANE. THESIS PRINCIPAL ADVISOR : ASSOC. PROF. MUENDUEN PHISALAPHONG, THESIS COADVISOR : ASSOC. PROF. CHIRAKARN MUANGNAPOH, 71 pp.

Modifying bacterial cellulose membrane for the dehydration of ethanol solution by means of adding 0.5-1 (% w/v) of alginate in the culture medium during biosynthesis was studied. To be able to understand the effects on the separation by membrane pervaporation, the developed bacterial cellulose (BC) and the bacterial cellulose with alginate supplement (BCA) membranes were characterized for intermolecular interactions by Fourier transform infrared spectroscopy, mechanical properties by Instron testing machine, degree of swelling and water vapor transmission rate. From the pervaporation experiments, it was found that the BCA membrane with 1 % alginate added culture medium gave the improved selectivity when compared with the BC membrane. The membrane selectivity was increased with the alginate content in membranes. Furthermore, the increase of membrane thickness strongly enhanced the selectivity. Moreover, the selectivity and total flux could be increased by the reduction of the permeate pressure.

Department: Chemical Engineering
Field of study: Chemical Engineering
Academic year: 2008

Student's signature....Nitisak Kanjanamosit
Principal advisor's signature....
Co-advisor's signature....

ACKNOWLEDGEMENTS

First and foremost, I would like to thank my thesis advisor Associate Professor Muenduen Phisalaphong for valuable supervisions, creative guidance and encouragement through this thesis work.

My appreciation is also extended to my co-thesis advisor, Associate Professor Chirakarn Muangnapoh, whom I am indebted for her time and valuable guidance.

In addition, I would also grateful to Professor Piyasan Praserthdam as the chairman, Associate Metta Chareonpanich and Assistant Professor Artiwan Shotipruk as member of thesis committee.

Special thanks are extended to my friends and staffs in the Department of Chemical Engineer, Chulalongkorn University.

My final words of appreciation go to my family for their always support and encouragement in my education and all the teachers who have taught me since my childhood.

CONTENTS

PAGE

ABSTRACT (THAI) iv

ABSTRACT (ENGLISH) v

ACKNOWLEDGEMENTS vi

CONTENTS vii

LIST OF TABLES ix

LIST OF FIGURES x

CHAPTER

I INTRODUCTION 1

II BACKGROUND THEORY 4

2.1 Pervaporation 4

2.2 Type of membrane for pervaporation 10

III LITERATRE REVIEWS 12

3.1 Bacterial cellulose membrane 12

3.2 Alginate membrane 13

3.3 Other membrane 14

IV EXPERIMENTAL 18

4.1 Materials 18

4.2 Membrane preparation 19

4.3 Characterization of BC-Alginate membrane 20

4.5 Pervaporation 23

CHAPTER PAGE

V RESULTS AND DISCUSSIONS 25

5.1 Characterization of BC-alginate membrane 25

5.2 Pervaporation 43

VI CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS 55

6.1 Conclusions 55

6.2 Recommendations for future studies 56

REFERENCES 57

APPENDICES 61

Appendix A. Data of Membrane Characterization 62

Appendix B. Data of Pervaporation Experiments 66

Appendix C. Nomenclature 70

CURRICULUM VITAE 71

LIST OF FIGURES

FIGURES **PAGE**

2.1 Pervaporation process **4**

2.2 Effect of feed concentration on organic–organic pervaporation separation of benzene–cyclohexane mixture **8**

2.3 Effect of pressure on pervaporation (for ethanol/benzene mixture) **9**

2.4 General trend of flux and selectivity with varying temperature for benzene/cyclohexane **10**

5.1 (a) SEM images of surface morphology at 0% alginate supplement **26**

5.1 (b) SEM images of surface morphology at 0.5% alginate supplement **27**

5.1 (c) SEM images of surface morphology at 0.75% alginate supplement **28**

5.1 (d) SEM images of surface morphology at 1% alginate supplement **29**

5.2 The FTIR spectra of BC and BCA membranes in wave numbers ranging from 3200 to 800 cm^{-1} **31**

5.3 The FTIR spectra of BC and BCA membranes in wave numbers ranging from 2000 to 800 cm^{-1} **32**

5.4 The tensile strength of the BC-alginate membranes **33**

5.5 The young's modulus of the BC-alginate membranes **34**

5.6 The elongation at break of the BC-alginate membranes **35**

5.7 The typical pore size distribution of BC-alginate membranes **38**

5.8 The degree of swelling of the BC-alginate membranes **39**

5.9 The water vapor transmission rate of the BC-alginate membranes **40**

5.10 The oxygen transmission rate of the BC-alginate membranes **41**

5.11 (a) The effect of alginate content on total flux and selectivity **44**

5.11 (b) The effect of alginate content on total flux, ethanol flux and water flux **44**

FIGURES **PAGE**

5.12 (a) The effect of ethanol content in feed on total flux and selectivity.....46

5.12 (b) The effect of ethanol content in feed on total flux, ethanol flux and water flux.....46

5.13 (a) The effect of temperature on total flux and selectivity at 70% ethanol in feed 48

5.13 (b) The effect of temperature on total flux, ethanol flux and water flux at 70% feed.....48

5.13 (c) The effect of temperature on total flux and selectivity at 90% ethanol in feed.....49

5.13 (d) The effect of temperature on total flux, ethanol flux and water flux at 90% feed.....49

5.13 (e) The effect of temperature on total flux and selectivity at 90% ethanol in feed.....50

5.13 (f) The effect of temperature on total flux, ethanol flux and water flux at 90% feed 50

5.14 (a) The effect of permeate pressure on total flux and selectivity.....52

5.14 (b) The effect of permeate pressure on total flux, ethanol flux and water flux 52

5.15 (a) The effect of membrane thickness on total flux and selectivity 54

5.15 (b) The effect of membrane thickness on total flux, ethanol flux and water flux.....54

LIST OF TABLES

TABLES **PAGE**

3.1 Studies on pervaporation of ethanol-water mixtures 17

4.1 The chemicals used in this experiment 18

5.1 Surface area and pore diameter of BC and BCA analyzed by BET analyzer .. 37