

เพอร์เวเปอร์เรชันของสารละลายเอทานอลในน้ำ โดยใช้เยื่อแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส-อัลจิเนท



นาย นิตศักดิ์ กาญจน โมสิทธิ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

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

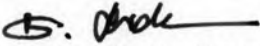
Field of Study                    Chemical Engineering

Thesis Principal Advisor      Associate Professor Muenduen Phisalaphong, Ph.D.

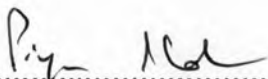
Co-Thesis Advisor              Associate Professor Chirakarn Muangnapoh, Dr.Ing.

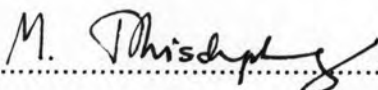
---

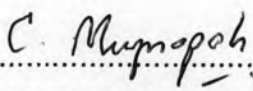
Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial  
Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

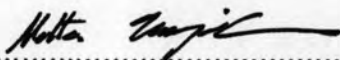
  
..... Dean of the Faculty of Engineering  
(Associate Professor Boonsom Lerdhirunwong, Dr.Ing.)

THESIS COMMITTEE

  
..... Chairman  
(Professor Piyasan Praserttham, 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.)

นิติต์กดี กาญจนโมลสิทธิ์ : เพอร์เวเปอรัเรชันของสารละลายเอทานอล โดยใช้เยื่อ  
 แผ่นแบบคที่เรียเซลลูโลส-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

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาเยื่อแผ่นแบบคที่เรียเซลลูโลสเพื่อใช้สำหรับกระบวนการ  
 ดึงน้ำจากสารละลายเอทานอลโดยการเติมอัลจิเนท 0.5-1 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก ต่อ  
 ปริมาตร) ลงไประหว่างการสังเคราะห์ทางชีวภาพ เพื่อให้เข้าใจถึงกลไกกระบวนการแยกโดย  
 เมมเบรน เพอร์เวเปอรัเรชัน เยื่อแผ่นแบบคที่เรียเซลลูโลสและเยื่อแผ่นแบบคที่เรียเซลลูโลส-  
 อัลจิเนทที่สร้างขึ้น ได้ถูกนำไปศึกษาถึงแรงกระทำระหว่างโมเลกุลด้วยเครื่อง Fourier  
 infrared spectroscopy, ความแข็งแรงเชิงกล ด้วยเครื่อง Instron testing machine รวมทั้ง  
 ศึกษาเปอร์เซ็นต์การบวมน้ำและอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของเยื่อแผ่น จากการทดลองใน  
 กระบวนการเพอร์เวเปอรัเรชัน พบว่าเยื่อแผ่นแบบคที่เรียเซลลูโลสที่เติม 1%อัลจิเนทใน  
 อาหารเลี้ยงเชื้อให้ค่าการแยกของเมมเบรนสูงกว่าแผ่นเยื่อที่ไม่เติมอัลจิเนท โดยค่าการแยก  
 จะเพิ่มตามปริมาณอัลจิเนทในเยื่อแผ่น นอกจากนี้การเพิ่มความหนาของเยื่อแผ่น จะทำ  
 ให้ค่าการแยกเพิ่มขึ้นอย่างมาก อีกทั้งค่าการแยกและค่าฟลักซ์รวม สามารถเพิ่มขึ้นโดย  
 การลดความดันด้านเพอร์มิเอท

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี  
 สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี  
 ปีการศึกษา 2551

ลายมือชื่อนิติต์กดี..... นิติต์กดี กาญจนโมลสิทธิ์  
 ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....  
 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..... M. Phisalaphong  
 Co-advisor's signature..... C. Muangnapoh

## 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 Prasertdam 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
<b>CHAPTER</b>	
<b>I INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>II BACKGROUND THEORY .....</b>	<b>4</b>
2.1 Pervaporation.....	4
2.2 Type of membrane for pervaporation .....	10
<b>III LITERATRE REVIEWS .....</b>	<b>12</b>
3.1 Bacterial cellulose membrane.....	12
3.2 Alginate membrane .....	13
3.3 Other membrane.....	14
<b>IV EXPERIMENTAL .....</b>	<b>18</b>
4.1 Materials.....	18
4.2 Membrane preparation.....	19
4.3 Characterization of BC-Alginate membrane.....	20
4.5 Pervaporation .....	23

<b>CHAPTER</b>	<b>PAGE</b>
<b>V RESULTS AND DISCUSSIONS.....</b>	<b>25</b>
<b>5.1 Characterization of BC-alginate membrane.....</b>	<b>25</b>
<b>5.2 Pervaporation.....</b>	<b>43</b>
<b>VI CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS.....</b>	<b>55</b>
<b>6.1 Conclusions.....</b>	<b>55</b>
<b>6.2 Recommendations for future studies.....</b>	<b>56</b>
<b>REFERENCES.....</b>	<b>57</b>
<b>APPENDICES.....</b>	<b>61</b>
<b>Appendix A. Data of Membrane Characterization.....</b>	<b>62</b>
<b>Appendix B. Data of Pervaporation Experiments.....</b>	<b>66</b>
<b>Appendix C. Nomenclature.....</b>	<b>70</b>
<b>CURRICULUM VITAE.....</b>	<b>71</b>



## 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 <sup>-1</sup> .....	31
5.3 The FTIR spectra of BC and BCA membranes in wave numbers ranging from 2000 to 800 cm <sup>-1</sup> .....	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

<b>FIGURES</b>	<b>PAGE</b>
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

<b>TABLES</b>	<b>PAGE</b>
<b>3.1 Studies on pervaporation of ethanol-water mixtures .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1 The chemicals used in this experiment .....</b>	<b>18</b>
<b>5.1 Surface area and pore diameter of BC and BCA analyzed by BET analyzer ..</b>	<b>37</b>