การประยุกต์ใช้อุลตราฟิลเตรชั่น เพื่อเพิ่มผลผลิตในกระบวนการหมัก
อะซิโตน-บิวทานอล แบบต่อเนื่อง

นางสาวเหมือนเดือน พิศาลพงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-749-2

APPLICATION OF ULTRAFILTRATION FOR IMPROVED PRODUCTIVITY IN CONTINUOUS ACETONE-BUTANOL FERMENTATION

Miss Muenduen Phisalaphonge

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Chemical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1989

ISBN 974-576-749-2

Thesis Title	Application of ultrafiltration for improved productivity in continuous acetone-butanol fermentation
By	Miss Muenduen Phisalaphonge
Department	Chemical Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Chirakarn Muangnapoh, D.Ing.

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

.....Thavorn Vajarabhaya.....Dean of Graduate School

(Professor Thavorn Vajarabhaya, Ph.D.)

Thesis Committee

....Piyasan Prasertdham.....Chairman

(Associate Professor Piyasan Prasertdham, D.Ing.)

.....Woraphat Arthayukti.....Member

(Associate Professor Woraphat Arthayukti, D.Ing.)

R. Jira.....Member

(Associate Professor Ratana Jiraratananon, Ph.D.)

C. Muangnapoh.....Member

(Assistant Professor Chirakarn Muangnapoh, D.Ing.)

เหมือนเดือน พิศาลพงศ์ : การประยุกต์ใช้อุลตราฟิลเตรชั่น เพื่อเพิ่มผลผลิตในกระบวนการหมัก อะซิโตน-บิวทานอล แบบต่อเนื่อง (APPLICATION OF ULTRAFILTRATION FOR IMPROVED PRODUCTIVITY IN CONTINUOUS ACETONE-BUTANOL FERMENTATION.) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์, 127 หน้า

วิทยานิพนธ์นี้ศึกษาการนำกระบวนการกรองแบบอุลตราฟิลเตรชันมาประยุกต์ ใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตในกระบวนการหมักอะซิโตน-บิวทานอล แบบต่อเนื่อง โดยนำแผ่นเยื่อกรองอุลตราฟิลเตรชั่นที่ทำด้วยเซรามิคส์แบบท่อหลายท่อ (multitubular ultrafilter) ซึ่งมีพื้นที่ผิวการกรองรวม 0.203 ตารางเมตร มาใช้เป็นตัวแยกเซลจุลินทรีย์ Clostridium acetobutylicum ATCC 824 จากน้ำหมักแล้วนำเซลย้อนกลับมาใช้ในกระบวนการหมักต่อไป จากการศึกษาพบว่า ความดัน และความเร็วในการไหลของน้ำหมักผ่านแผ่นกรองที่เหมาะสมคือ 0.17 กิโลกรัม/เซนติเมตร^2 และ 0.4 เมตร^3/ชั่วโมง ตามลำดับ จากการทดลองโดยการทดสอบที่ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในสารอาหารตั้งต้นตั้งแต่ 40 กรัม/ลิตร ถึง 60 กรัม/ลิตร และที่อัตราการป้อนสารอาหารต่อปริมาณรวมในการหมัก (dilution rate) ตั้งแต่ 0.11 ต่อชั่วโมง ถึง 0.55 ต่อชั่วโมง พบว่าได้ผลผลิตสูงสุดเมื่อใช้สารอาหารตั้งต้นที่มีความเข้มข้นของน้ำตาล 42.4 กรัม/ลิตร ที่อัตราการป้อนสารอาหารต่อปริมาตรรวมในการหมัก 0.55 ต่อชั่วโมง โดยให้ผลผลิตของสารละลายผลิตภัณฑ์ 6.06 กรัม/ลิตร-ชั่วโมง สารละลายผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมีความเข้มข้น 11.03 กรัม/ลิตร ประกอบด้วย 6.26 กรัม/ลิตร บิวทานอล 4.40 กรัม/ลิตร อะซิโตน และ 0.37 กรัม/ลิตร เอธานอล ที่ความเข้มข้นของเซลจุลินทรีย์ 80 กรัม/ลิตร โดยมีอัตราการใช้น้ำตาลกลูโคส 19.30 กรัม/ลิตร-ชั่วโมง อัตราการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นสารละลายผลิตภัณฑ์ 0.31

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต เหมือนเดือน พิศาลพงศ์

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2532 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

MUENDUEN PHISALAPHONG : APPLICATION OF ULTRAFILTRATION FOR IMPROVED PRODUCTIVITY IN CONTINUOUS ACETONE-BUTANOL FERMENTATION. THESIS ADVISOR : ASSIST.PROF.CHIRAKARN MUANGNAPOH, D.Ing., 127 PP.

Ultrafiltration was applied for improved productivity in continuous acetone-butanol fermentation. A multitubular ceramic ultrafilter with 0.203 m^2 surface area was used to separate and recycle cells in a continuous fermentation of Clostridium acetobutylicum ATCC 824. The optimum applied pressure and recirculation flow rate were 0.17 $kg_f cm^{-2}$ and 0.4 $m^3 hr^{-1}$ respectively. From the experiments of total cell recycle system with the glucose of concentration varing from 40 to 60 gl^{-1} and the dilution rate varing from 0.11 to 0.55 hr^{-1}, the maximal solvent productivity was achieved at 42.4 gl^{-1} of glucose concentration at a dilution rate of 0.55 hr^{-1}. Under total cell recycle, a maximal solvent productivity was attained at about 6.06 $gl^{-1}hr^{-1}$. The product solution had a concentration of 11.03 $g.l^{-1}$ and consisted the combination of 6.26 gl^{-1} butanol, 4.40 gl^{-1} acetone and 0.37 gl^{-1} ethanol. A dry weight concentration of 80 gl^{-1} was obtained with 19.30 $gl^{-1}hr^{-1}$ glucose consumption and 0.31 production yield.

ภาควิชา CHEMICAL ENGINEERING
สาขาวิชา CHEMICAL ENGINEERING
ปีการศึกษา 1989

ลายมือชื่อนิสิต M. Phisalaphong
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ACKNOWLEDGEMENT

The author wishes to sincerely thank and express her gratitude to her advisor, Assistant Professor Dr.Chirakarn Muangnapoh for her supervision, encouraging guidance, advice, discussion and helpful suggestions throughout the course of this work. Special thanks are due to Associate Professor Dr.Piyasan Prasertdham, Associate Professor Dr.Woraphat Arthayukti and Associate Professor Dr.Ratana Jiraratananon as chairman and members respectively of the committee whose criticisms and comments have been especially helpful.

The author also wishes to thank the National Centre for Genetic-Engineering and Biotechnology (Thailand) for the financial support for this research.

Furthermore, the author wishes to convey her most sincere gratitude to her parents, brother and sister for their moral support.

Finally, many thanks go to her friends and all those who encouraged her over the years of her study.

CONTENTS

Chapter Page

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

NOMENCLATURE

Dimensions are given in terms of mass (M), length (L), time (t) and temperature (T)

B	=	Bleed ratio (-)
C	=	Solute concentration at point x (kg/m^3)
C_B	=	Bulk solute concentration (kg/m^3)
C_G	=	Gel concentration (kg/m^3)
C_P	=	Solute concentration in permeate (kg/m^3)
C_w	=	Solute concentration at membrane surface (kg/m^3)
D	=	Dilution rate (hr^{-1})
D_v	=	Solute diffusivity (m^2/s)
d	=	Fluid channel height (m)
J	=	Permeate flux ($m^3/m^2/s$)
K	=	Mass transfer coefficient (m/s)
K_S	=	Half-rate saturation constant (kg/m^3)
L	=	Filter length (m)
P	=	Product concentration (kg/m^3)
P_f	=	Filtrate pressure (kg_f/cm^2)
P_i	=	Inlet pressure (kg_f/cm^2)
P_o	=	Outlet pressure (kg_f/cm^2)
ΔP	=	Pressure drop (kg_f/cm^2)
ΔPTM	=	Transmembrane pressure (kg_f/cm^2)
Q	=	Flow rate (m^3/sec)
R_e	=	Reynold's number
R_g	=	Gel resistance (m^{-1})
R_m	=	Membrane resistance (m^{-1})

r_p = Instantaneous production rate ($kg/m^3/hr$)

r_s = Instantaneous substrate consumption rate ($kg/m^3/hr$)

S = Residue substrate concentration (kg/m^3)

S_c = Schmidt number

S_h = Sherwood number

S_o = Substrate concentration in the feed (kg/m^3)

T = Temperature ($^{\circ}C$)

t = Time (hr)

V = Volume (m^3)

v = Velocity (m/sec)

X = Biomass concentration (kg/m^3)

$Y_{p/s}$ = Yield of production of P : r_p/r_s (g/g)

$Y_{x/s}$ = Yield of cell production : r_x/r_s (g/g)

μ = Specific growth rate (hr^{-1})

μ_{max} = Maximum specific growth rate (hr^{-1})

ν = Specific production rate (hr^{-1})

ν_{acid} = Specific acid production rate (hr^{-1})

δ = Boundary layer thickness (m)

μ = Viscosity (N_s/m^2)

σ = Rejection coefficient