ไพลิน แผนวิชิต : การประยุกต์ใช้เยื่อแผ่นเชิงประกอบชนิด PDMS/PVDF กับระบบเพอร์สแทรกชั่นในกระบวนการผลิตเอทานอลในการหมักแบบกึ่งกะจากกากน้ำตาลอ้อย (APPLICATION OF COMPOSIE PDMS/PVDF MEMBRANE IN PERSTRACTION SYSTEM OF ETHANOL FERMENTATION IN FED-BATCH PROCESS FROM CANE MOLASSES) อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.อภิชาติ บุญทาวัน, 101 หน้า. ISBN 974-533-522-3

กระบวนการหมักเอทานอลจะสิ้นสุดลงจากปฏิกิริยาการยับยั้งการเจริญของเชื้อยีสต์ เนื่องจากปริมาณเอทานอลที่สะสมในน้ำหมัก จะทำให้การหมักสิ้นสุดลง ปัญหานี้ ทำให้ผลผลิตที่ได้ (yield) มีค่าต่ำ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูง ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการประยุกต์ใช้เยื่อแผ่นซิลิโคนในถังปฏิกรณ์ชีวภาพร่วมกับ การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ หรือที่เรียกว่า ระบบเพอร์สแทรกชั่น (Perstraction) ซึ่งเทคนิคดังกล่าว จะใช้เยื่อแผ่นยางซิลิโคนชนิดPolydimethylsiloxane (PDMS) ที่มีความหนาประมาณ 2-5 ไมโครเมตร ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นใส และไม่มีรูพรุน (dense polymeric meterial) โดยเคลือบบนเยื่อแผ่นรองรับ (supporting layer)พอลิเมอร์ชนิด polyvinylidene fluoride (PVDF) ซึ่งเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด พบว่ามีลักษณะคล้ายนิ้วมือ อีกทั้งเยื่อแผ่น PVDF มีความแข็งแรง และ มีลักษณะความเป็นรูพรุนสูง เป็นตัวกั้นน้ำหมักกับตัวทำละลายอินทรีย์ออกจากกัน ซึ่งยางซิลิโคนจะมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic property) จากการทดลอง เมื่อทำการแปรผันค่า Reynolds number ในด้านของผสมน้ำ-เอทานอล พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลทั้งหมด (k_{ov}) มีค่าอยู่ระหว่าง 3.0×10^{-7} – 4.21×10^{-6} เมตรต่อวินาที โดยค่านี้จะขึ้นอยู่กับค่า Reynolds number และความหนาของเยื่อแผ่น และจากการศึกษาความเข้มข้นของเซลล์เริ่มต้นในกระบวนการหมัก พบว่า เซลล์ที่ความเข้มข้นสูง จะมีการผลิต เอทานอลได้สูง ดังนั้นงานวิจัยนี้ทำการเลี้ยงเซลล์ให้ได้ชีวมวลความเข้มข้นสูงมากกว่า 25 กรัมต่อลิตรในสูตรอาหารเฉพาะ(ความเข้มข้น 3 เท่า ของสูตรอาหาร YM) เพื่อที่จะเพิ่มอัตราการผลิต อีกทั้งลดความเป็นพิษต่อเซลล์ที่เกิดจากสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ และใช้ความเข้มข้นของเซลล์สูงนี้ เป็นหัวเชื้อในกระบวนการหมักแบบกึ่งกะ ซึ่งมีอัตราการป้อนของกากน้ำตาลอ้อยที่ต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบอัตราการผลิตเอทานอลของแต่ละอัตราการป้อน ผลการทดลองพบว่าที่อัตราการป้อน 0.006 กรัมต่อวินาทีต่อกรัมเซลล์ มีความสามารถในการผลิตเอทานอลสูงสุด คือ 4.83 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง และความเข้มข้นเอทานอลสูงสุด คือ 171 กรัมต่อลิตร

การศึกษาการถ่ายเทมวลร่วมกับจลนศาสตร์การหมัก สามารถที่จะคำนวณหาพื้นที่ผิวของเยื่อแผ่นที่ต้องการจากอัตราการผลิตเอทานอลโดยเชื้อยีสต์ ในกระบวนการหมัก พบว่าพื้นที่ผิวเยื่อแผ่นที่เหมาะสม สำหรับกระบวนการนี้มีค่าประมาณ 50 ตารางเซนติเมตร โดยมีค่าปริมาตรเริ่มต้นของน้ำหมักเท่ากับ 1 ลิตร จากนั้นทำการหมักเอทานอลแบบกึ่งต่อเนื่อง พร้อมทั้งใช้เทคนิคเพอร์สแทรกชั่นซึ่งใช้เยื่อแผ่น พร้อมทั้งตัวทำละลายอินทรีย์ เป็นตัวช่วยเก็บเกี่ยวเอทานอลออกจากถังหมัก พบว่า ผลผลิตและความสามารถในการผลิตเอทานอล จะสูงกว่า กระบวนการหมักแบบกึ่งกะ (12.0 กรัม$_{\text{เอทานอล}}$ต่อกรัม$_{\text{เซลล์}}$ เทียบกับ 9.8 กรัม$_{\text{เอทานอล}}$ต่อกรัม$_{\text{เซลล์}}$) และได้ความเข้มข้นของเอทานอลสูงสุด เท่ากับ 300 กรัมต่อลิตร

อีกทั้ง กระบวนการนี้เมื่อทำการวัดเซลล์ใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน พบว่า สามารถลดอัตราการตายของเซลล์ได้จาก 2.47×10^{-2} ต่อชั่วโมง ในกระบวนการหมักแบบกึ่งกะ เป็น 1.50×10^{-2} ต่อชั่วโมง แต่อย่างไรก็ตาม ผลผลิตของเอทานอลที่ได้ยังต่ำกว่าที่คาดหวังไว้ อาจเนื่องจากการยับยั้งของผลผลิตที่เชื้อจุลินทรีย์สร้างขึ้น

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
ปีการศึกษา 2548

ลายมือชื่อนักศึกษา ____________
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ____________
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ____________

PAILIN PANVICHIT : APPLICATION OF COMPOSITE PDMS/PVDF MEMBRANE IN PERSTACTION SYSTEM OF ETHANOL FERMENTATION IN FED-BATCH PROCESS FROM CANE MOLASSES. THESIS ADVISOR : APICHAT BOONTAWAN, Ph.D. 101 PP. ISBN 974-533-522-3

YEAST, ETHANOL FERMENTATION, COMPOSITE PDMS/PVDF MEMBRANE, A PERSTACTION SYSTEM

In ethanol fermentation, product inhibition is a major problem affecting both yield and volumetric productivity. This work employed a conventional stirred-tank bioreactor equipped with an external flat sheet composite membrane unit to separate ethanol from fermentation broth into 1-decanol as an organic solvent. The membrane was fabricated in our laboratory and was comprised of a thin non-porous polydimethyl siloxane (PDMS) selective layer coated on a microporous support layer cast from polyvinylidene fluoride (PVDF). Characterizations of the membranes were carried out using SEM, and revealed a thin film of PDMS with a thickness of approximately 2-5 μm coated on a finger-liked structure of the PVDF support layer. The overall mass transfer coefficients (k_{ov}) were found to be in the range of $3.0\times10^{-7}-4.21\times10^{-6}$ m.s^{-1} depending mainly on the aqueous hydrodynamic conditions, and thickness of selective layer. High-cell-density cultivation was carried out using special formulated media, and obtained biomass concentration up to 25 g.L^{-1}.

The main objectives of this study were to increase production rate in parallel with reduction of deleterious effects of substrate and/or product inhibition. Fermentation kinetics studies were subsequently investigated in fed-batch process with different feeding rates of molasses. The experimental data showed that feeding rate of 0.006 g.s^{-1}.g$^{-1}_{cell}$

resulted in the estimated membrane area of approximately 50 cm^2 based on 1 litre of initial working volume. Application of the composite membrane to fed-batch fermentation was then investigated in order to increase the production yields and volumetric productivity. Production yield ($Y_{P/X}$) in the membrane bioreactor was an order of magnitude higher than fed-batch fermentation (12.0 versus 9.80 $g_{ethanol} \cdot g^{-1}_{cell}$), and resulted in the maximum ethanol concentration of 300 $g.L^{-1}$. Finally, relative viability of the cell was observed under microscope, and showed a decrease in deactivation constant (k_d) of 1.50×10^{-2} hr^{-1} compared to 2.47×10^{-2} hr^{-1} in fed-batch process. However, the yield was lower than expected result. The course of this phenomenon was unclear, but could possibly due to the effect of intermediate product inhibition.

School of Biotechnology

Academic Year 2005

Student's Signature Pailin Panvichit

Advisor's Signature ______

Co-advisor's Signature ______