บทที่ 5

บทสรุป

งานวิจัยนี้พบว่าแบคทีเรีย *Acetobacter xylinum* เจริญเติบโตได้ดีในพีเอช 4.0 เมื่อใช้สูตรอาหาร Hestrin and Schramm Medium (HS) ที่ถูกดัดแปลงแหล่งคาร์บอนจากน้ำตาลกลูโคสเป็นน้ำตาลซูโครส และเมื่อเซลล์ถูกเหนี่ยวนำในสนามความเข้มสนามไฟฟ้า 0.15 kV/m โดยใช้ความถี่ 80 kHz เป็นเวลานาน 7 นาทีก่อนนำไปเพาะเลี้ยง พบว่าเซลล์สามารถผลิตเส้นใยเซลลูโลสได้เร็วที่สุดเมื่อเทียบกับค่าสนามไฟฟ้า ความถี่ และเวลาอื่น ๆ ที่ทำการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมพบว่าเยื่อบางที่ได้มีความพรุนสูงกว่าอย่างชัดเจน (6.7% และ 4.3%) โดยเยื่อบางทั้งสองชนิดเป็นเยื่อบางที่ชอบน้ำซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การบวมน้ำถึง 100% หลังจากแช่ในน้ำกลั่นนาน 7 นาที เป็นที่น่าสังเกตว่า แม้ความพรุนของเยื่อบางทั้งสองจะต่างกัน แต่ขนาดรูของเยื่อบางที่คำนวณด้วยโปรแกรมคาร์นอยมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน (0.08 ± 0.01 μm)

อาศัยข้อมูลค่าอิมพีแดนซ์ (1.95 ± 0.15 และ 3.96 ± 0.17 kΩ) และค่าสภาพให้ซึมผ่านของน้ำ (Lp, 6.65×10^{-11} และ 4.98×10^{-11} $m^3N^{-1}s^{-1}$) ทำให้เชื่อว่าเยื่อบางที่ผลิตโดยแบคทีเรียหลังถูกเหนี่ยวนำด้วยไฟฟ้า (CE4S) ตามเงื่อนไขข้างต้นมีความพรุนสูงกว่า และเมื่อคำนวณโดยอาศัยสมการ Hagen-Poiseuille พบว่าความพรุนมีค่าระหว่าง 1.1-1.7% หากสมมติให้รูมีความคดภายในเยื่อบางระหว่าง 1.0-1.5 ส่วนค่า MWCO ที่วัดคือ 200 kDa (≈0.1 μm) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับวิธีการที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคาร์นอย (0.08 ± 0.01 μm)

งานวิจัยนี้พบว่าเยื่อบาง CE4S สามารถกรองแบคทีเรีย *A. xylinum* ได้ 100% โดยมีอัตราเพอมิเอทคงที่ 14 L m^{-2} h^{-1} เมื่อกรองนาน 10 นาทีที่ความดัน 100 kPa ค่าอิมพีแดนซ์ของเยื่อบางภายหลังที่ใช้กรองแบคทีเรียแล้ว มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 1.95 ± 0.15 kΩ เป็น 2.69 ± 0.27 kΩ ทั้ง ๆ ที่ได้ล้างเยื่อบางโดยวิธีเขย่าในน้ำกลั่นแล้ว จึงเป็นไปได้ว่าเกิดการอุดตันภายในรูพรุน เนื่องจากแบคทีเรียมีขนาดโดยประมาณ 0.4×0.8 μm ขณะที่ขนาดรูบนเยื่อบางมีค่าสูงสุดถึง 0.4 μm ดังนั้นขนาดรูที่ใหญ่กว่าแบคทีเรียและการสานกันของเซลลูโลสอาจทำให้มีการค้างของเซลล์อยู่ภายใน และเมื่อเปรียบเทียบเพอมิเอทฟลักซ์ของน้ำกลั่นระหว่างเยื่อบาง CE4S กับเยื่อบางเชิงพาณิชย์ PVDF (Millipore, 0.1 μm) ที่ความดัน 100 kPa พบว่ามีค่าต่างกันมาก (24.7 และ 2667.0 L m^{-2} h^{-1}) อย่างไรก็ดีจากภาพถ่าย SEM และการวิเคราะห์ด้วย

โปรแกรมคาร์นอยพบว่า ขนาดรูเฉลี่ยของเยื่อบาง PVDF คือ 0.45 ± 0.18 μm ซึ่งเป็นเหตุผลที่อธิบายความแตกต่างของเพอมิเอทฟลักซ์ดังกล่าว

เมื่อเปรียบเทียบเยื่อบางที่ผลิตโดยวิธีเหนี่ยวนำเซลล์ (CE4S) กับวิธีที่ไม่มีการเหนี่ยวนำเซลล์ (CC4S) พบคุณลักษณะของเยื่อบางทั้งสองดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 คุณลักษณะของเยื่อบางเซลลูโลสที่ผลิตได้

คุณลักษณะของเยื่อบาง	เยื่อบาง CC4S	เยื่อบาง CE4S
ความหนา (μm)	27 ± 3	38 ± 3
เปอร์เซ็นต์การบวมน้ำ (%)	101.5 ± 2.6	101.9 ± 2.6
ขนาดรูเฉลี่ย (μm)	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01
L_p ($m^3 N^{-1} s^{-1}$)	4.98×10^{-11}	6.65×10^{-11}
MWCO (kDa)	200	200
การกักกันแบคทีเรีย (%)	100	100
ความพรุน (%)		
- หาจากโปรแกรมคาร์นอย	4.34 ± 0.74	6.74 ± 1.13
- หาจากค่า L_p		
- ใช้ภาพถ่าย SEM	0.60 - 0.91	1.13 - 1.69
- ใช้ค่า MWCO	0.38 - 0.58	0.72 - 1.08

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในโอกาสต่อไป

ในการหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของการผลิตเซลลูโลส ทั้งในแง่ค่าพีเอชของอาหารเพาะเลี้ยงและการเหนี่ยวนำด้วยไฟฟ้าควรจะศึกษาไปพร้อม ๆ กัน และนอกจากนี้ควรศึกษาอุณหภูมิในการเพาะเลี้ยง ส่วนประกอบของอาหารเพาะเลี้ยง และควรนำเยื่อบางที่เตรียมได้ไปทดสอบการกรองด้วยระบบไหลขวาง และในงานวิจัยนี้พบว่าการผลิตเยื่อบางเซลลูโลสโดยแบคทีเรีย สามารถลดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อเยื่อบางจากต่างประเทศได้มาก เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายลงอีก สามารถดัดแปลงสูตรอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงแบคทีเรียโดยใช้วัสดุที่มีในท้องถิ่น เช่น ใช้น้ำมะพร้าวแทนอาหารสังเคราะห์ที่เตรียมขึ้น แต่ทั้งนี้เยื่อบางที่ผลิตเองได้ยังต้องอาศัยแรงงานคนเข้าไปเกี่ยวข้องระหว่างการเตรียมทุกขั้นตอน และยังมีปัญหาเกี่ยวกับการปนเปื้อนแบคทีเรีย ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการผลิต