

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลาย CS และการเชื่อมขวางที่มีต่อความคงทนในการใช้งานของเยื่อแผ่น PES ที่เคลือบด้วย Al_2O_3 และผลต่อการเกิดฟาวลิงของเยื่อแผ่น โดยจะแบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วนด้วยกันดังนี้ **ส่วนที่ 1** ศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของ CS และ **ส่วนที่ 2** ศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารเชื่อมขวาง โดยทำการศึกษาคูณสมบัติดังนี้ คือ ทดสอบความคงทนของเยื่อแผ่น สมบัติเชิงกล ลักษณะ โครงสร้างของเยื่อแผ่น ค่า MWCO ค่า contact angle วัดค่าฟลักซ์น้ำ วัดค่าฟลักซ์ของสารละลายโปรตีนและการเกิดฟาวลิง โดยสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.2 การหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายไคโตซาน

5.1.2.1 ผลการศึกษาโครงสร้างของเยื่อแผ่น PES

จากผลการการศึกษาพื้นผิวด้านบนและภาพตัดขวางของชั้นเคลือบบนเยื่อแผ่น PES/ Al_2O_3 /CS ด้วย SEM พบว่า CS 0.1 กับ 0.2 %wt/v ชั้นเคลือบจะหลุดออกจากผิวของเยื่อแผ่นบางส่วนหลังกรองน้ำผ่าน และเมื่อเพิ่มความเข้มข้น CS 0.3-0.5 %wt/v พบว่าชั้นที่เคลือบหลุดออกจากเยื่อแผ่นน้อยมาก เนื่องมาจากการเพิ่มความเข้มข้น CS ส่งผลให้ชั้นเคลือบมีความหนาขึ้น ดังนั้นการยัดระหว่าง CS และ Al_2O_3 บนเยื่อแผ่นจึงดีขึ้น

5.1.2.2 ผลของการหลุดของสารเคลือบ (% loss of coating layer_{UF}) และการหลุดของ

Al_2O_3 (% loss of Al_2O_3 _{UF}) หลังกรองน้ำผ่านเยื่อแผ่น

จากผลของการหลุดออกของสารเคลือบและ Al_2O_3 หลังจากกรองน้ำผ่านเยื่อแผ่น พบว่าเยื่อแผ่น PES/ Al_2O_3 /CS ที่เพิ่มความเข้มข้นของ CS จะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การหลุดของชั้นเคลือบลดลง เนื่องจากผลของความหนาที่เพิ่มขึ้น โดยความหนาที่เพิ่มขึ้นนี้จะช่วยลดการหลุดของ Al_2O_3 เนื่องจากผลของแรงเฉือนหลังจากกรองน้ำผ่านได้ ซึ่งจากผลการทดลองนี้และผลของ SEM พบว่าความเข้มข้นของ CS ที่เหมาะสมที่จะนำไปเชื่อมขวางกับ GA เพื่อเคลือบบนเยื่อแผ่น คือความเข้มข้น CS 0.3%wt/v

5.1.3 การหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารเชื่อมขวาง

5.1.3.1 ผลการศึกษาโครงสร้างของเยื่อแผ่น PES

จากผลการการศึกษาพื้นผิวด้านบนและภาพตัดขวางของชั้นเคลือบบนเยื่อแผ่น PES/Al₂O₃/CS/GA ด้วย SEM พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้น GA ชั้นเคลือบจะมีลักษณะที่แน่นขึ้น และการหลุดออกของสารเคลือบจะน้อยมากหลังกรองน้ำผ่านเยื่อแผ่น แต่เมื่อความเข้มข้นของ GA มากเกินไป ชั้นเคลือบ CS/Al₂O₃ เกิดการแตกเมื่อกรองน้ำผ่าน เนื่องมาจากการใส่สารเชื่อมขวางในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้ CS/Al₂O₃ ที่นำมาเคลือบมีความแน่นและเปราะมากขึ้น

5.1.3.2 ผลการทดสอบความคงทนของเยื่อแผ่น

เมื่อนำเยื่อแผ่น PES ที่เคลือบด้วย CS/Al₂O₃ และเชื่อมขวางด้วย GA (PES/Al₂O₃/CS/GA) ที่ผ่านการเคลือบมากรองน้ำผ่าน พบว่าเปอร์เซ็นต์การหลุดของชั้นเคลือบและการหลุดของ Al₂O₃ เพียงอย่างเดียว มีค่าลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้น GA โดย GA จะทำให้ชั้นของสารเคลือบมีความแข็งแรงขึ้นเนื่องจาก GA เชื่อมขวางกับ CS เป็นโครงร่างตาข่าย แต่ความเข้มข้นของ GA ที่มากเกินไปนั้นส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์การหลุดโดยมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจาก GA เชื่อมขวางกับ CS ได้มากเกินไป ส่งผลให้สายโซ่โพลีเมอร์อยู่ชิดกันมากขึ้นดังนั้นเยื่อแผ่นจะมีลักษณะที่เปราะ ซึ่งจะสอดคล้องกับผลการทดสอบค่าความแข็งแรงเชิงกล คือเมื่อใส่ GA มากขึ้น ค่า tensile strength และค่า % elongation at break มีค่ามากขึ้น และจะมีค่าลดลงเมื่อ GA มากเกินไป โดยที่ความเข้มข้น GA 1%wt/v เป็นค่าที่มีคุณสมบัติเชิงกลดีที่สุด และเมื่อนำเยื่อแผ่นไปแช่น้ำเพื่อดูผลของการดูดซึมน้ำและการหลุดออกของสารเคลือบเมื่อแช่น้ำ พบว่าการเพิ่มปริมาณ GA ส่งผลให้เยื่อแผ่นสามารถดูดซึมน้ำได้น้อยลง และเปอร์เซ็นต์การหลุดอันเนื่องมาจากการดูดซึมน้ำก็จะลดลงด้วย เนื่องจาก GA จะไปเชื่อมขวางกับ CS ส่งผลให้ชั้นที่เคลือบมีความแน่นขึ้นและหมู่ที่มีความชอบน้ำของ CS ลดลง

5.1.4 ผลของการทดสอบเยื่อแผ่น

5.1.4.1 ค่า Molecular weight cut-off (MWCO)

จากการหาค่า MWCO ของเยื่อแผ่น PES/Al₂O₃/CS/GA พบว่าเมื่อเพิ่ม GA ค่า MWCO มีค่าลดลงเล็กน้อยและใกล้เคียงกัน โดยค่า MWCO ที่ลดลงนี้เนื่องมาจากผลของการเชื่อมขวางด้วย GA ซึ่งจะทำให้ CS ยึดเกาะกันเป็นโครงร่างตาข่าย ส่งผลให้สารเคลือบด้านบนของเยื่อแผ่นมีความแน่นมากขึ้น ดังนั้นสารละลาย PEG ที่ใช้หา MWCO จึงแพร่ผ่านได้ยาก

5.1.4.2 ค่ามุมสัมผัส (contact angle)

จากการหาค่ามุมสัมผัสของเยื่อแผ่น PES/Al₂O₃/CS/GA พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้น GA ค่า contact angle มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการใส่สารเชื่อมขวางจะทำหน้าที่เชื่อมพันธะของ CS ที่หมู่ -NH₂ ซึ่งเป็นหมู่ที่แสดงความชอบน้ำของ CS ลดลง ดังนั้นเยื่อแผ่นที่มีปริมาณ GA มากก็จะเกิดการเชื่อมขวางมากและส่งผลให้ความชอบน้ำของเยื่อแผ่นน้อยลง

5.1.4.3 ค่าฟลักซ์น้ำ

จากการหาค่าฟลักซ์น้ำของเยื่อแผ่น PES/Al₂O₃/CS/GA พบว่าเมื่อเพิ่ม GA ค่าฟลักซ์น้ำของเยื่อแผ่นมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากการเติม GA ในปริมาณที่มากขึ้น จะทำให้เยื่อแผ่นมีความชอบน้ำลดลง

5.1.5 การทดสอบฟาวลิง

จากการหาค่าฟลักซ์กับสารละลายโปรตีนและค่า normalized flux ของเยื่อแผ่น PES/Al₂O₃/CS/GA พบว่าฟลักซ์ของสารละลายโปรตีนและค่า normalized flux จะมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณ GA เนื่องมาจาก GA จะเชื่อมขวางกับ CS ดังนั้นเยื่อแผ่นมีความชอบน้ำน้อยลง และมีผลทำให้เยื่อแผ่นสามารถเกิดฟาวลิงได้ง่าย ส่วนผลของการเชื่อมขวางต่อความต้านทาน พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ GA ค่าการต้านทานการเกิดฟาวลิง (R_f) จะสูงขึ้นเนื่องจากเยื่อแผ่นมีความชอบน้ำน้อยลง โดยเยื่อแผ่นสามารถเกิดฟาวลิงได้ง่ายและจะส่งผลให้ค่าความต้านทานต่อการไหล (R_m) ซึ่งจะมีค่ามากขึ้นเนื่องจากเยื่อแผ่นมีลักษณะโครงสร้างที่แน่นขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดสอบความคงทนของเยื่อแผ่นด้วยการเคลือบ Al₂O₃ บนเยื่อแผ่นและเชื่อมขวาง CS ด้วย GA พบว่าชั้นของสารเคลือบสามารถหลุดออกจากเยื่อแผ่นได้เมื่อกรองน้ำผ่านเยื่อแผ่นเป็นระยะเวลาที่นาน เนื่องจากขนาดของ Al₂O₃ ที่ผสมในชั้นเคลือบบนเยื่อแผ่นมีอนุภาคขนาดใหญ่ (10 micron) และอนุภาคของ Al₂O₃ ไม่สามารถฝังตัวลงไปบนสารเคลือบได้ทุกส่วนดังนั้นจึงมีบางส่วนที่โผล่ขึ้นมาบนสารเคลือบ และเมื่อกรองน้ำผ่านเยื่อแผ่น Al₂O₃ สามารถหลุดออกจากชั้นเคลือบได้ด้วยแรงเฉือน (ดังแสดงในผลของ SEM) ดังนั้นการเลือกขนาด Al₂O₃ ที่จะใช้สำหรับเคลือบบนเยื่อแผ่นควรจะมีอนุภาคขนาดที่เล็กระดับนาโนเมตร เพื่อที่จะช่วยลดผลของแรงเฉือนและสามารถช่วยให้เยื่อแผ่นมีความคงทนต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น