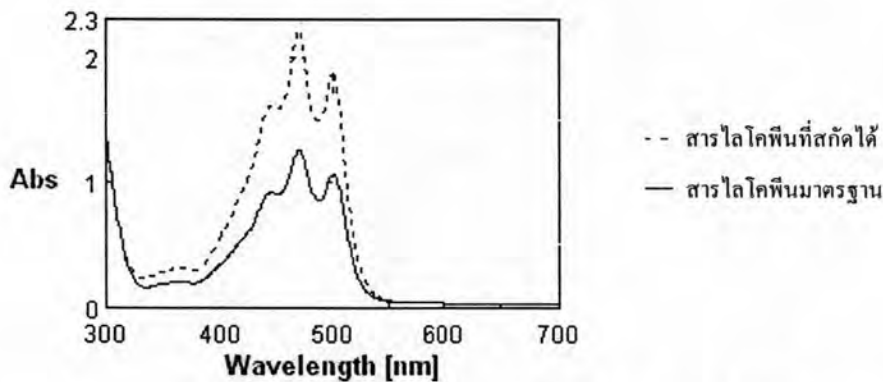


ผลการวิจัยและการอภิปรายผลการวิจัย

4.1 ผลการเตรียมตัวอย่างไลโคพีน

สารที่สกัดได้จากมะเขือเทศ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสารไลโคพีนมาตรฐานด้วยวิธียูวี- วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตเมทรี พบว่าสเปกตรัมซ้อนทับกัน ดังรูปที่ 4.1 แสดงว่าสารที่สกัดได้คือไลโคพีนและมีค่า λ_{max} ที่ 472 นาโนเมตร เนื่องจากสารไลโคพีนในมะเขือเทศแต่ละงวด (Batch) จำนวน 100 กรัม ที่สกัดได้มีความเข้มข้นของไลโคพีนแตกต่างกัน เนื่องจากมะเขือเทศแต่ละผลมีสารไลโคพีนไม่เท่ากัน โดยทำการสกัดได้อยู่ในช่วง 7-15 พีพีเอ็ม จึงทำการปรับความเข้มข้นของสารไลโคพีนที่สกัดได้ให้เท่ากับ 10 พีพีเอ็ม เพื่อใช้เป็นสารป้อนในการศึกษาสมรรถนะการแยกด้วยเมมเบรนต่อไป



รูปที่ 4.1 สเปกตรัมของไลโคพีนที่สกัดได้เทียบกับไลโคพีนมาตรฐาน

4.2 การเตรียมเมมเบรนพอลิซัลโฟน

4.2.1 ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา

สูตรเมมเบรนที่เตรียมทั้งหมดแสดงลักษณะปรากฏภายนอกออกเป็น 2 ลักษณะคือ ขาวทึบแสงดังรูปที่ 4.2 และโปร่งใสดังรูปที่ 4.3 โดยเมมเบรนที่มีลักษณะขาวทึบแสงได้จากการระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทุกสูตร หรือได้จากการระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ถึง 12 ชั่วโมง ขณะที่เมมเบรนที่มีลักษณะโปร่งใสได้จากการระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทุกสูตร หรือได้จากการระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 ถึง 18 ชั่วโมง ซึ่งหากพิจารณาภาคตัดขวางดังตารางที่ 4.1

สังเกตได้ว่าเมมเบรนที่แสดงลักษณะปรากฏภายนอกเป็นแผ่นขาวทึบแสงมีโครงสร้างแบบไม่สมมาตร โดยมีส่วนเนื้อแน่นที่ผิวด้านบน (ด้านสัมผัสอากาศในขั้นตอนการขึ้นรูปเป็นแผ่นเมมเบรน) และรูพรุนที่ผิวด้านล่าง (ด้านติดกระจกในขั้นตอนการขึ้นรูปเป็นแผ่นเมมเบรน) และเมมเบรนที่แสดงลักษณะปรากฏภายนอกเป็นแผ่นโปร่งใสมีโครงสร้างแบบเนื้อแน่นตลอดความหนาของเมมเบรน นอกจากนั้นยังสังเกตความหนาของเมมเบรนทั้งสองลักษณะได้ว่า เมมเบรนที่เป็นแผ่นขาวทึบแสงมีความหนาอยู่ในช่วง 47 ถึง 135 ไมครอน ขณะที่เมมเบรนที่เป็นแผ่นโปร่งใสมีความหนาใกล้เคียงกันมากกว่าอยู่ในช่วง 21 ถึง 40 ไมครอน จากการใช้ปริมาณสารละลายพอลิซัลโฟนในการขึ้นรูปแผ่นเมมเบรนใกล้เคียงกันตลอดทุกสูตร

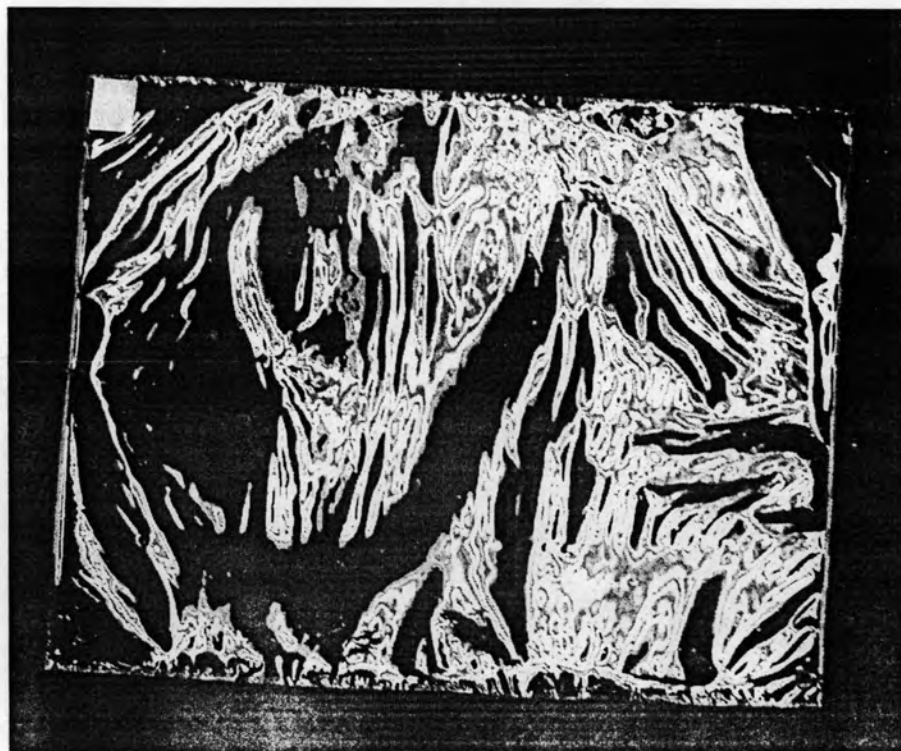
โครงสร้างของเมมเบรนที่แตกต่างกันเกิดจากการเตรียมเมมเบรนด้วยกระบวนการเปลี่ยนเฟส (Phase inversion) โดยตัวทำละลายจะเกิดการระเหยที่ผิวหน้าของเมมเบรนก่อน จากนั้นสายโซ่พอลิเมอร์ของพอลิซัลโฟนจึงเคลื่อนที่เข้าหากัน และเมื่อนำเมมเบรนแช่ลงในอ่างน้ำ ตัวทำละลายที่เหลืออยู่จะแพร่ออกจากเมมเบรน ส่วนทางกับน้ำที่แพร่เข้าไปในเมมเบรน เมื่อทำให้เมมเบรนแห้งจะเกิดเป็นโครงสร้างรูพรุนภายในเมมเบรน แต่ถ้าเพิ่มเวลาในการระเหยตัวทำละลายให้นานขึ้น ตัวทำละลายที่อยู่ในเมมเบรนจะค่อยๆ ลดลงจนสายโซ่เคลื่อนเข้าใกล้กันมากขึ้นเกิดเป็นชั้นเนื้อแน่น [3]

พบว่าระยะเวลาเมมเบรนในน้ำเพื่อการเปลี่ยนเฟสของขั้นตอนการเตรียมเมมเบรน 45 นาที ถึง 90 นาที ที่อุณหภูมิและเวลาในการระเหยตัวทำละลายเดียวกัน ไม่มีผลให้เห็นโครงสร้างภาคตัดขวางแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามจากการทดลองเบื้องต้นหากใช้เวลาในการแช่น้ำน้อยกว่า 45 นาที จะไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นเมมเบรนได้สมบูรณ์ อธิบายได้ว่า ตัวทำละลายมีการแพร่ออกจากสารละลายพอลิเมอร์ไม่มากพอ ในระหว่างขั้นตอนการฝั่งเมมเบรนให้แห้ง ตัวทำละลายที่เหลืออยู่จะละลายเนื้อพอลิเมอร์กลายเป็นเจล ไม่เป็นแผ่นที่จะสามารถนำไปใช้ได้

ในทางทฤษฎี เมมเบรนที่ต้องการในกระบวนการเพอร์เวปเพอเรชันต้องเป็นเมมเบรนเนื้อแน่นตามแนวคิดของกลไกการแยกแบบโมเดลการละลาย-การแพร่ (Solution-diffusion model) ถึงแม้เมมเบรนเนื้อแน่นจะให้สมรรถนะการแยกที่สูงแต่อย่างไรก็ตามมีข้อเสียคือให้ฟลักซ์ต่ำ ดังนั้นเมมเบรนแบบไม่สมมาตรที่มีชั้นผิวเนื้อแน่นที่บางตามที่เตรียมในงานวิจัยนี้ดังกล่าวข้างต้น อาจส่งผลดีต่อการแยกสารไลโคพีนออกจากเฮกเซนด้วยกระบวนการเพอร์เวปเพอเรชัน ซึ่งต้องได้รับการยืนยันด้วยสมบัติด้านอื่นๆ ประกอบ ดังจะกล่าวต่อไป

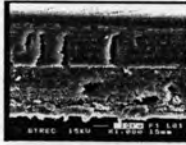


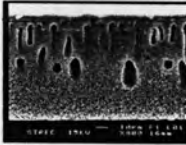

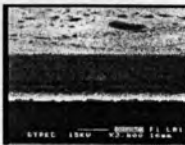
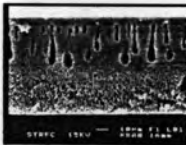
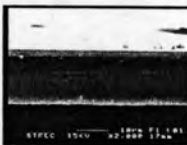
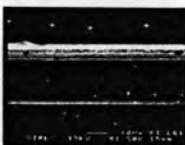





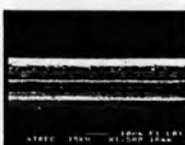









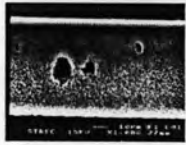




รูปที่ 4.2 เมมเบรนแบบขาวทึบแสง


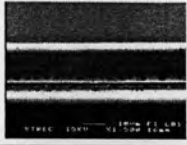


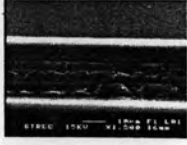



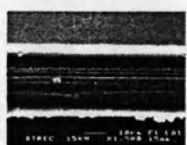
















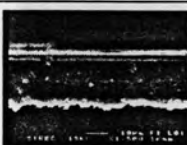



รูปที่ 4.3 เมมเบรนแบบโปร่งใส

ตารางที่ 4.1 ภาคตัดขวางของเมมเบรนพอลิซัลโฟน

เวลาในการระเหย ตัวทำละลาย (ชั่วโมง)	เวลาในการแช่น้ำ	อุณหภูมิ (°C)		
		40	50	60
8	45 นาที			
	60 นาที			
	90 นาที			
10	45 นาที			
	60 นาที			
	90 นาที			
12	45 นาที			
	60 นาที			
	90 นาที			

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ภาคตัดขวางของเมมเบรนพอลิซัลโฟน

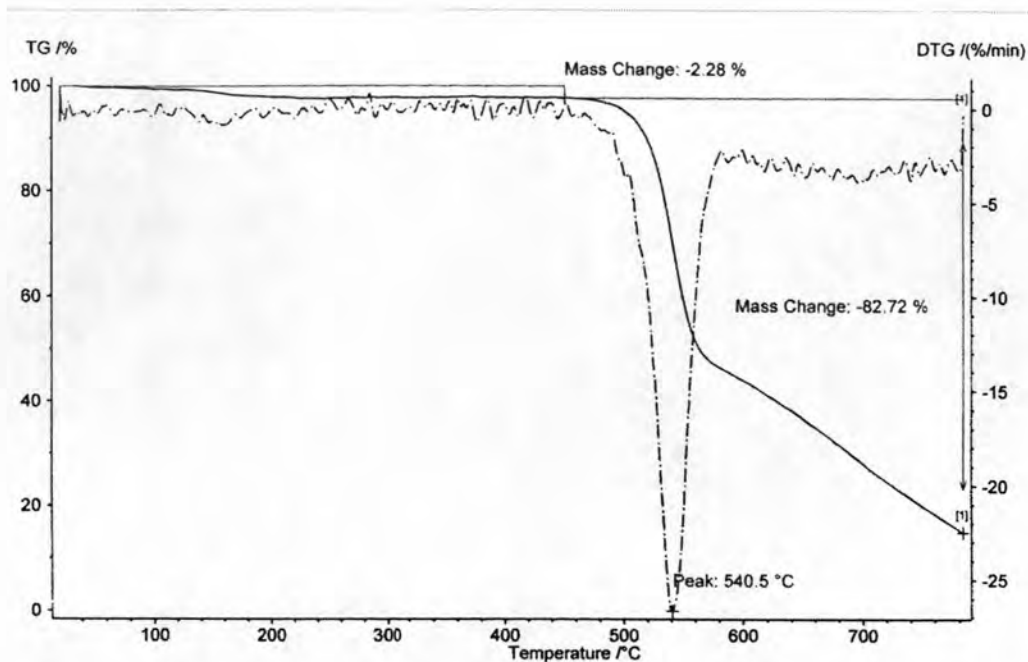
เวลาในการระเหย ตัวทำละลาย (ชั่วโมง)	เวลาในการแช่น้ำ	อุณหภูมิ (°C)		
		40	50	60
14	45 นาที			
	60 นาที			
	90 นาที			
16	45 นาที			
	60 นาที			
	90 นาที			
18	45 นาที			
	60 นาที			
	90 นาที			

4.2.2 ผลการศึกษาค่าความสามารถทนต่อแรงดึง

ค่าความสามารถทนต่อแรงดึงของเมมเบรนในงานวิจัยนี้ขึ้นกับลักษณะโครงสร้างภาคตัดขวางของเมมเบรนไม่ขึ้นกับเวลาในการระเหยตัวทำละลาย เวลาในการแช่น้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 โดยค่าความสามารถทนต่อแรงดึงของสูตรเมมเบรนไม่สมมาตร (ระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทุกสูตร หรือจากการระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ถึง 12 ชั่วโมง) อยู่ในช่วง 5.5-16.0 เมกะปาสกาล เมื่อเปรียบเทียบกับค่าของสูตรเมมเบรนเนื้อแน่น (ระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทุกสูตร หรือได้จากการระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 ถึง 18 ชั่วโมง) ซึ่งอยู่ในช่วง 41.3-63.1 เมกะปาสกาล มีค่าต่ำกว่าอย่างมาก อธิบายได้ว่าสายโซ่พอลิเมอร์ในเมมเบรนเนื้อแน่นอยู่ใกล้ชิดกันมาก ทำให้มีแรงยึดเกาะกันอย่างแข็งแรง ค่าความสามารถทนต่อแรงดึงจึงมีค่าสูงอย่างชัดเจน

4.2.3 ผลการศึกษาอุณหภูมิการสลายตัวของเมมเบรน

จากรูปที่ 4.5 แสดงว่าเมมเบรนพอลิซัลโฟนมีการลดลงของน้ำหนักของเมมเบรนอย่างน้อย 3 ช่วง โดยในช่วงแรกมีการสูญเสียน้ำหนักไปประมาณร้อยละ 2 ที่อุณหภูมิ ประมาณ 100-150 องศาเซลเซียส เนื่องจากการสูญเสียน้ำในเมมเบรน แสดงว่าเมมเบรนพอลิซัลโฟนไม่ชอบน้ำ จึงมีการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากโมเลกุลน้ำที่ดูดซับอยู่ในเมมเบรนน้อย ช่วงที่ 2 แสดงการสูญเสียน้ำหนักไปอีกร้อยละ 50 อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 450-540 องศาเซลเซียส คาดว่าเนื่องจากการแตกสลายของพันธะในสายโซ่พอลิเมอร์ ก่อนที่จะมีการสลายตัวของหมู่ต่างๆ ในช่วงอุณหภูมิสูงกว่า 540 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.5 อุณหภูมิการสลายตัวของเมมเบรนพอลิซัลโฟนที่ระเหยตัวทำละลายบางส่วนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง เวลาในการแช่น้ำ 1 ชั่วโมง

4.2.4 ผลการศึกษาสมรรถนะในการแยกของเมมเบรนพอลิซัลโฟน

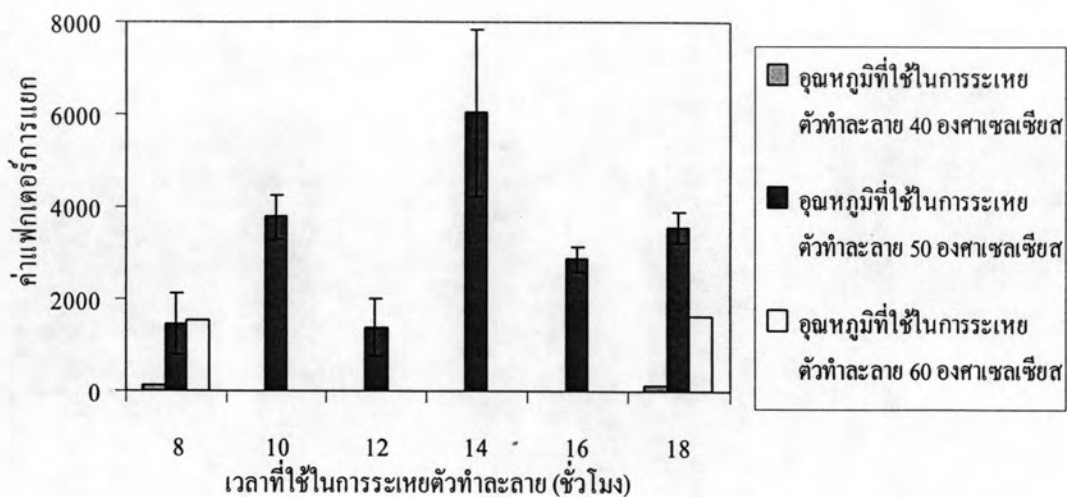
เนื่องจากระยะเวลาในการแช่น้ำ 45 นาที ถึง 90 นาที ไม่มีผลต่อสมบัติของเมมเบรนอย่างมีนัยสำคัญดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นเมมเบรนที่นำมาศึกษาสมรรถนะการแยกในหัวข้อนี้จึงใช้เมมเบรนสูตรที่เตรียมโดยมีระยะเวลาแช่น้ำนาน 1 ชั่วโมง

ส่วนที่แพร่ผ่านเมมเบรนหรือเพอร์มิเอตจากกระบวนการเพอร์เวปเพอร์เรชันของงานวิจัยนี้คือ เฮกเซน ดังนั้นในส่วนที่ไม่แพร่ผ่านเมมเบรนหรือรีเทนเตดจะมีความเข้มข้นไลโคพีนสูงขึ้น ซึ่งหากมีความเข้มข้นมากเกินไปความสามารถในการละลาย สามารถตกผลึกแยกออกจากเฮกเซนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ค่าแฟกเตอร์การแยก (Separation factor) นิยามตามสมการ (3.1) ของเมมเบรนสูตรต่างๆ แสดงในรูปที่ 4.6 โดยค่าแฟกเตอร์การแยกเท่ากับ 1 หมายถึงไม่เกิดการแยก แต่สูตรเมมเบรนที่ให้ค่าแฟกเตอร์การแยกยิ่งสูงมากเท่าไร หมายถึงความสามารถของเมมเบรนในการแยกเฮกเซนออกจากสารละลายได้มากเท่านั้น พบว่าสูตรเมมเบรนทุกสูตรให้ค่าแฟกเตอร์การแยกมากกว่า 1 ทั้งสิ้น แต่สูตรเมมเบรนจากการระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ค่าต่ำที่สุด เพียง 111-114 เท่านั้น อธิบายได้ว่า เนื่องจากโครงสร้างไม่สมมาตรมีชั้นผิวที่บางมาก การเพิ่มอุณหภูมิในการระเหยตัวทำละลายเป็น 50 องศาเซลเซียส ถึงแม้จะมีโครงสร้าง

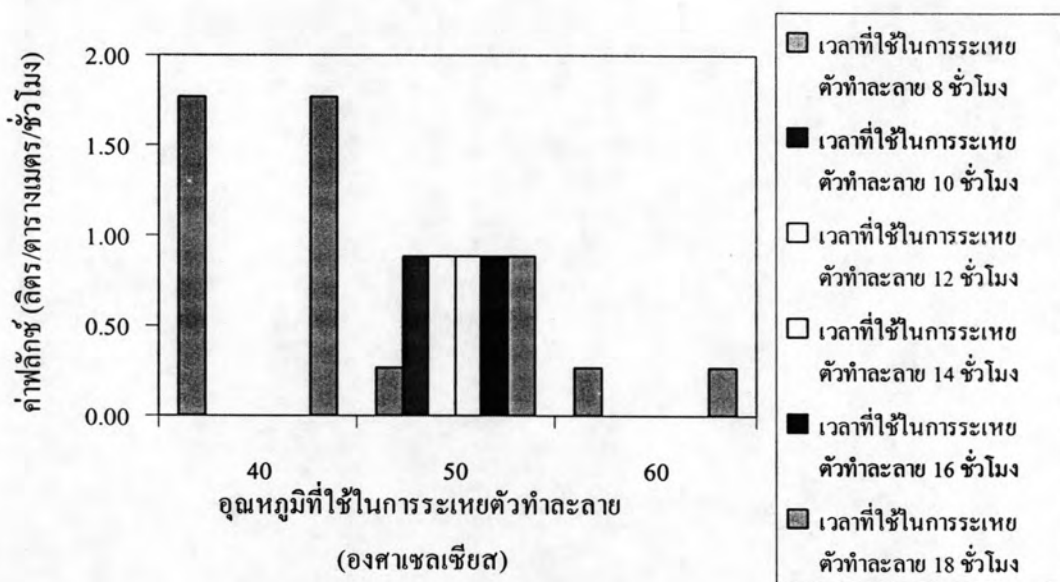
ไม่สมมาตรเหมือนกันแต่มีชั้นผิวที่หนาขึ้น ทำให้ได้ค่า แฟกเตอร์การแยกเพิ่มขึ้นเป็น 1,375-1,470 ในสูตรระยะเหี่ยวตัวทำลายเป็นเวลา 8 ถึง 12 ชั่วโมง ค่าแฟกเตอร์การแยกในสูตรระยะเหี่ยวตัวทำลายเป็นเวลา 10 ชั่วโมง ที่สูงเท่ากับ $3,775 \pm 475$ น่าจะเกิดจากความผิดพลาดในการทดลอง เมื่อเมมเบรนมีโครงสร้างเป็นเนื้อแน่นทั้งหมดคงในสูตรระยะเหี่ยวตัวทำลายเป็นเวลา 14 ถึง 18 ชั่วโมง จะได้ค่าแฟกเตอร์การแยกสูงขึ้นอยู่ในช่วง 2,860-3,540 โดยค่าแฟกเตอร์การแยกในสูตรระยะเหี่ยวตัวทำลายเป็นเวลา 14 ชั่วโมง ที่สูงเท่ากับ $6,032 \pm 1,821$ และในสูตรระยะเหี่ยวตัวทำลายที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ให้ค่าต่ำอยู่ในช่วง 1,532-1,615 น่าจะเกิดจากความผิดพลาดในการทดลองเช่นกัน

ถึงแม้สูตรเมมเบรนจากการระเหยตัวทำลายที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ค่าแฟกเตอร์การแยกต่ำที่สุด แต่ให้ค่าฟลักซ์ ณ ภาวะคงตัว (Steady state) สูงที่สุดเท่ากับ 1.8 ลิตร/ตารางเมตร/ชั่วโมง เมมเบรนที่มีโครงสร้างเนื้อแน่นในสูตรระยะเหี่ยวตัวทำลายที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้ค่าฟลักซ์ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.3 ลิตร/ตารางเมตร/ชั่วโมง และเมมเบรนในสูตรระยะเหี่ยวตัวทำลายที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ให้ค่าฟลักซ์ใกล้เคียงกันเท่ากับ 0.9 ลิตร/ตารางเมตร/ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 4.7

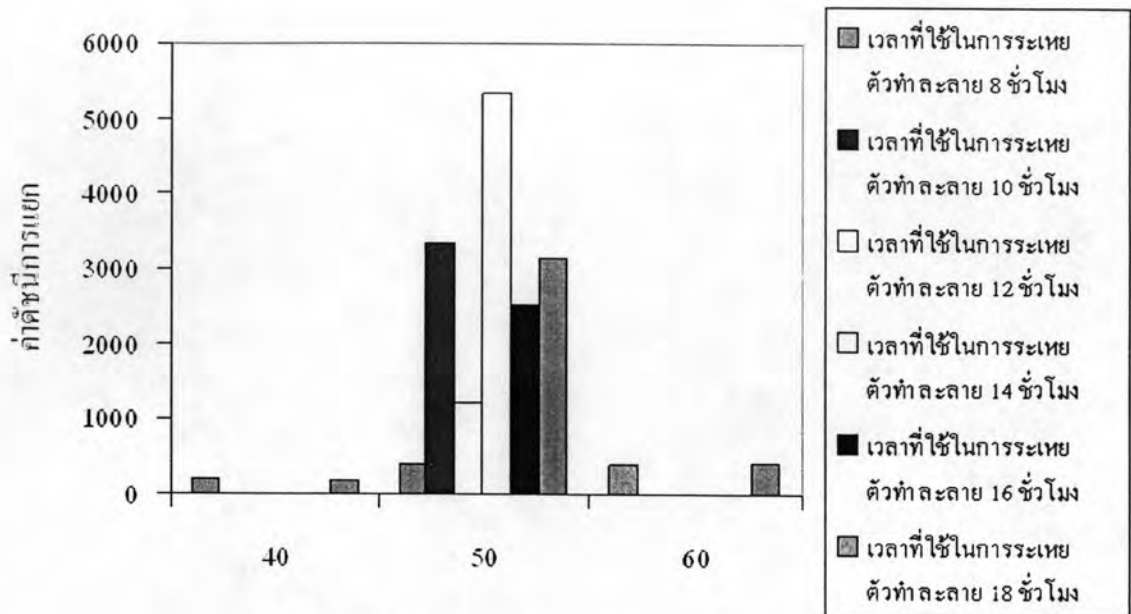
เมื่อพิจารณาค่าดัชนีการแยกซึ่งเป็นผลคูณของค่าแฟกเตอร์การแยกกับค่าฟลักซ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.8 จะเห็นชัดเจนว่าเมมเบรนไม่สมมาตรหรือเมมเบรนเนื้อแน่นที่ได้จากการระเหยตัวทำลายที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ถึง 18 ชั่วโมง ให้ค่าดัชนีการแยกสูงที่สุดประมาณ 3,000 จึงกล่าวได้ว่าเมมเบรนพอลิซัลโฟนที่เหมาะสมในการนำมาใช้สกัดไลโคพีนออกจากเฮกเซนด้วยกระบวนการเพอร์เวปเพอเรชัน คือ เมมเบรนที่ได้จากการระเหยตัวทำลายที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ถึง 18 ชั่วโมง แช่น้ำเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนระหว่างตัวทำลายที่ยังเหลืออยู่ในเมมเบรนกับน้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนผึ่งให้แห้ง ณ อุณหภูมิห้อง แต่สูตรเมมเบรนที่เหมาะสมมากกว่าควรเป็นเมมเบรนที่มีโครงสร้างเนื้อแน่นเพราะให้ค่าความสามารถทนต่อแรงดึงสูงกว่ามาก นั่นคือสูตรเมมเบรนที่ได้จากการระเหยตัวทำลายเป็นเวลา 14 ถึง 18 ชั่วโมง



รูปที่ 4.6 ค่าแฟกเตอร์การแยกของเมมเบรนพอลิซัลโฟนที่เตรียมจากสถานะต่างๆ



รูปที่ 4.7 ค่าฟลักซ์ของเมมเบรนพอลิซัลโฟน



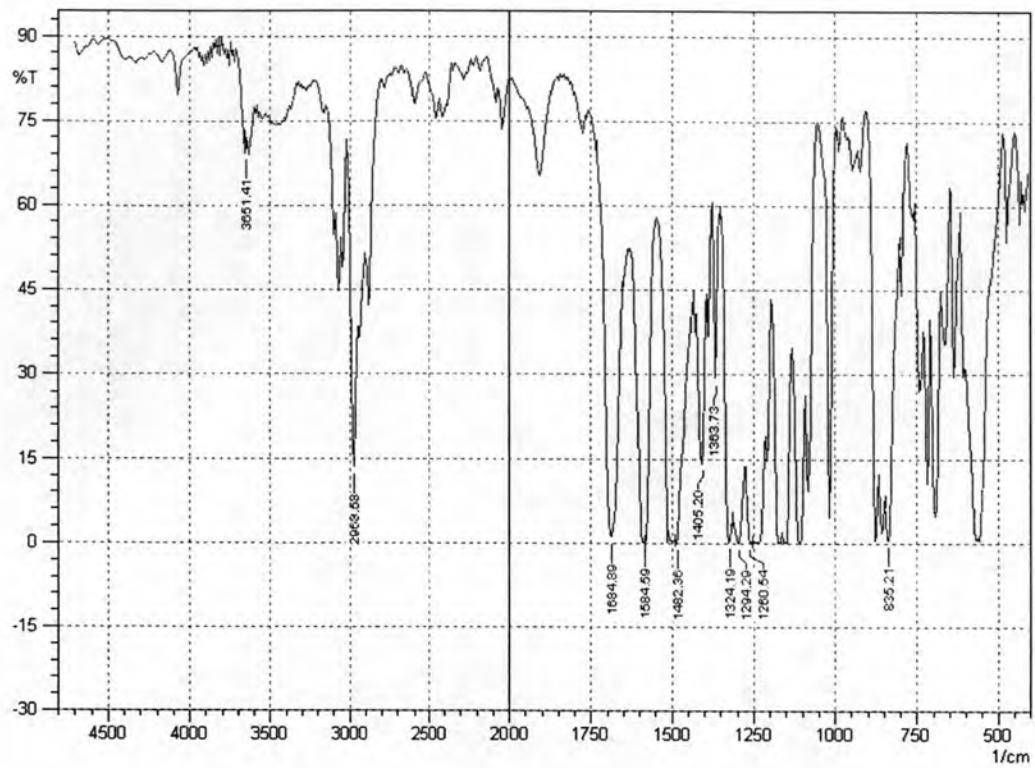
อุณหภูมิที่ใช้ในการระเหยตัวทำละลาย (องศาเซลเซียส)

รูปที่ 4.8 ค่าดัชนีการแยกของเมมเบรนพอลิซัลโฟน

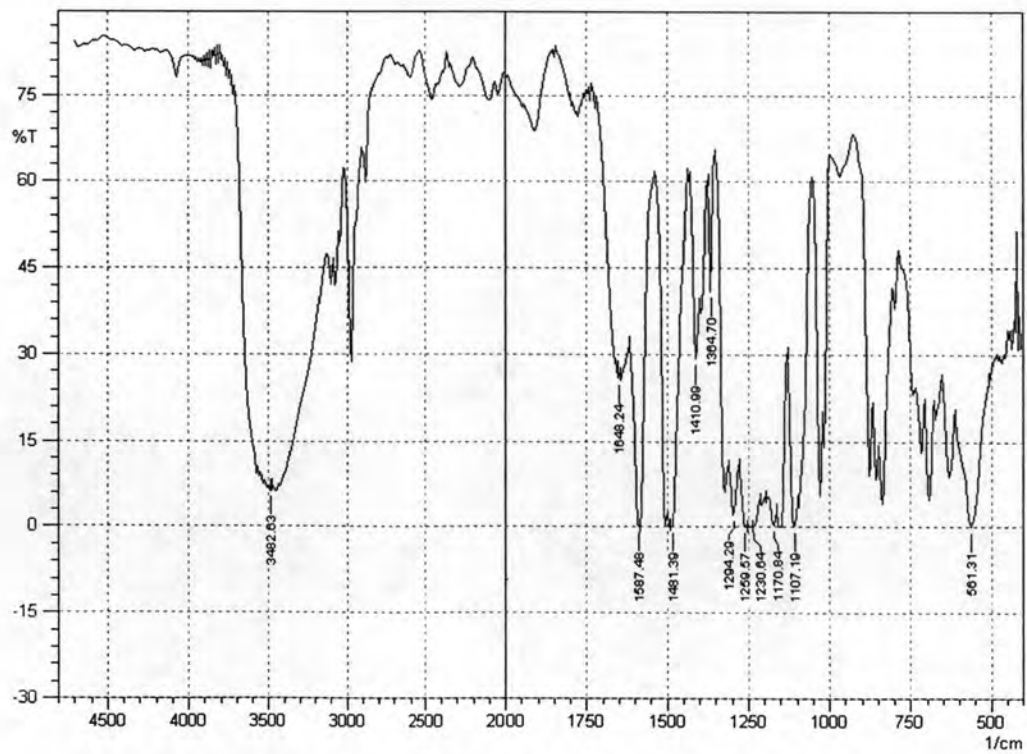
4.3 การเตรียมเมมเบรนซัลโฟเนตพอลิซัลโฟน

4.3.1 ผลการศึกษาโครงสร้างทางเคมี

FT-IR spectrum ในรูปที่ 4.9 แสดงหมู่ฟังก์ชันของพอลิซัลโฟนชัดเจน ในช่วงหมายเลขคลื่น $1,340 - 1,290 \text{ cm}^{-1}$ และ $1,165 - 1,120 \text{ cm}^{-1}$ เนื่องจากการ stretching ของหมู่ SO_2 แต่สเปกตรัมของซัลโฟเนตพอลิซัลโฟนดังแสดงในรูปที่ 4.10 ก็ไม่แตกต่างจากสเปกตรัมของพอลิซัลโฟนดั้งเดิม เนื่องจากพีคที่แสดงหมู่ asymmetric stretching SO_2 ของหมู่ซัลโฟเนตเกิดขึ้นซ้ำซ้อนกับการ stretching ของหมู่ซัลโฟน จึงไม่อาจบอกได้อย่างแน่นอนว่าเกิดการเติมหมู่ซัลโฟนกลงในสายโซ่พอลิซัลโฟนหรือไม่ แต่จากการสังเกตสเปกตรัมพบว่า Broad peak ที่ตำแหน่งประมาณ $3,500 \text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็นตำแหน่งของน้ำ [23] ในสเปกตรัมของซัลโฟเนตพอลิซัลโฟนมีขนาดใหญ่กว่าสเปกตรัมของพอลิซัลโฟนมาก อาจบอกได้ว่าเกิดการเติมหมู่ซัลโฟเนตในเมมเบรนซัลโฟเนตพอลิซัลโฟนทำให้เกิดความชอบน้ำมากขึ้น

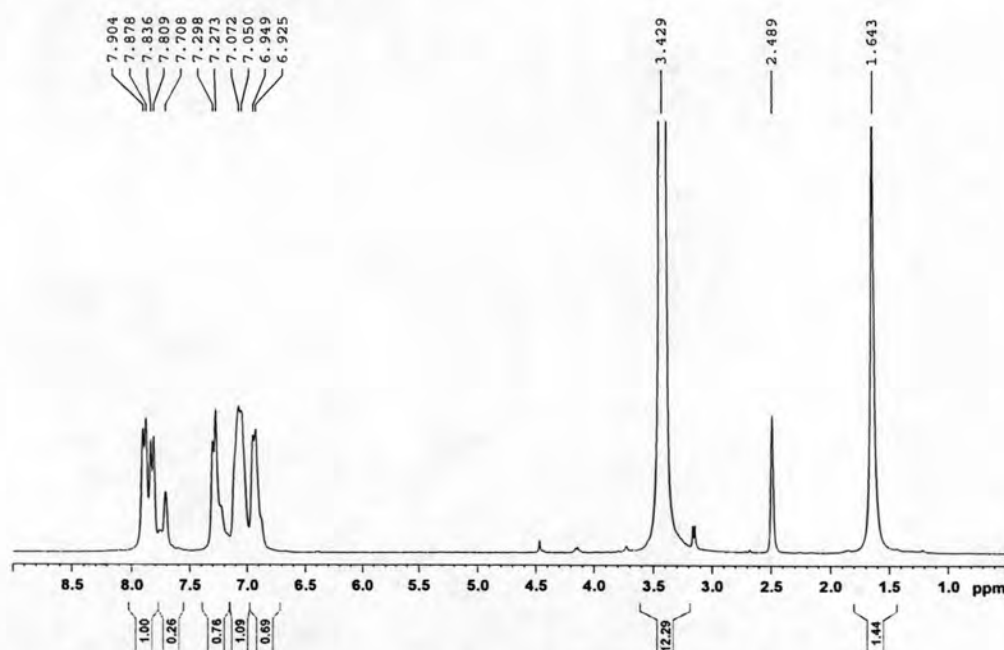


รูปที่ 4.9 FT-IR Spectrum ของพอลิเอทิลีน



รูปที่ 4.10 FT-IR Spectrum ของซัลโฟเนตพอลิเอทิลีน

เนื่องจากการวิเคราะห์ด้วย FT-IR ไม่สามารถชี้ชัดได้ว่าการเติมหมู่ซัลฟอนेटลงในสายโซ่พอลิซัลโฟนหรือไม่ ผู้วิจัยจึงศึกษา $^1\text{H NMR}$ เพิ่มเติมและพบว่า ในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ $^1\text{H NMR}$ โดยการละลายในไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (dimethylsulfoxide, DMSO) พบว่าพอลิซัลโฟนไม่สามารถละลายในตัวทำละลายนี้ได้ แต่ซัลฟอนेटพอลิซัลโฟนสามารถละลายได้ จึงเป็นอีกเหตุผลที่ช่วยยืนยันว่าสามารถเติมหมู่ซัลฟอนेटลงในพอลิซัลโฟนได้และได้สเปกตรัมของซัลฟอนेटพอลิซัลโฟนดังรูปที่ 4.11 โดยค่า chemical shift ที่ตำแหน่ง 1.643 เป็นของหมู่เมทิล ($-\text{CH}_3$) อิสระสองหมู่ ในสายโซ่หลัก ที่ตำแหน่ง 2.489 เป็นของตัวทำละลายที่ตำแหน่ง 3.429 เป็นของน้ำภายในโมเลกุล ที่ตำแหน่ง 6.9 - 7.9 เป็นของโปรตอนตำแหน่งที่เหลื่ออยู่ (ในวงแอโรแมติก) ซึ่งเมื่อหาปริพันธ์พื้นที่ได้กราฟ พบว่ามีโปรตอนเท่ากับ 15 ซึ่งลดลงจากปริมาณโปรตอนในพอลิซัลโฟน (ซึ่งเท่ากับ 16) จึงช่วยสนับสนุนว่าสามารถเติมหมู่ซัลฟอนेटลงในสายโซ่พอลิซัลโฟนได้ 1 ตำแหน่ง


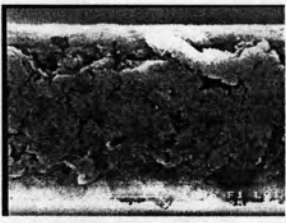
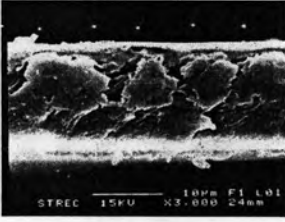
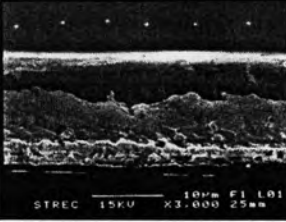


รูปที่ 4.11 $^1\text{H NMR}$ ของซัลฟอนेटพอลิซัลโฟน

4.3.2 ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา

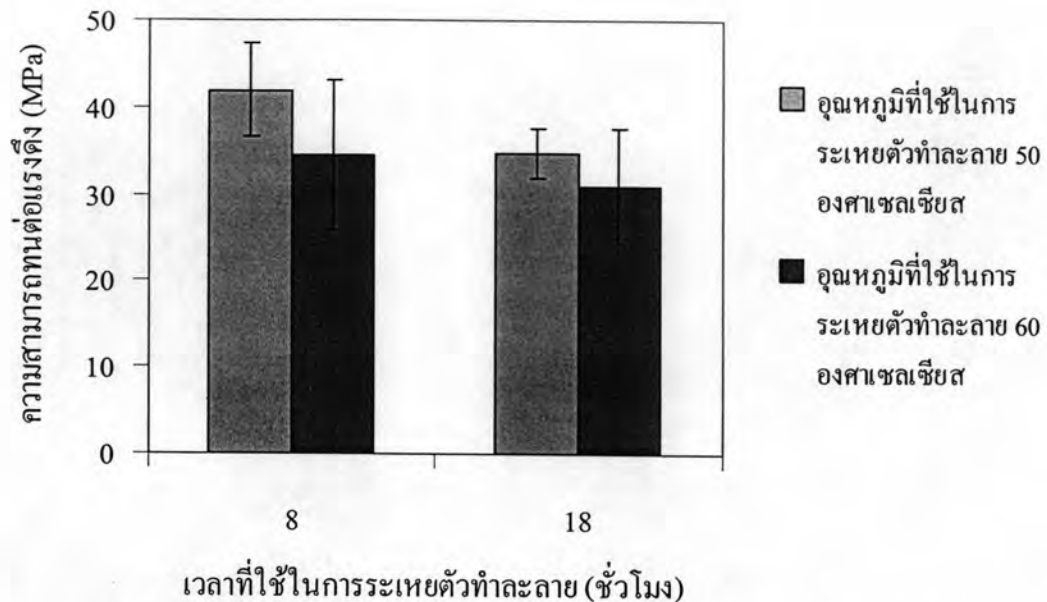
เมมเบรนซัลฟอนेटพอลิซัลโฟนที่เตรียมได้มีความหนาใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 16-26 ไมโครเมตร เมื่อสังเกตลักษณะภายนอกพบว่ามีลักษณะโปร่งใสทุกสูตร เมื่อพิจารณาภาคตัดขวางพบว่ามีโครงสร้างเนื้อแน่นตลอดความหนาของเมมเบรน ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ภาควัดขวางของเมมเบรนซัลโฟเนเตดพอลิซัลโฟน

เวลาในการระเหย ตัวทำละลาย (ชั่วโมง)	อุณหภูมิ (°C)	
	50	60
8		
18		

4.3.3 ผลการศึกษาค่าความสามารถทนต่อแรงดึง

ค่าความสามารถทนต่อแรงดึงของเมมเบรนซัลโฟเนเตดพอลิซัลโฟนที่เตรียมได้จากสภาวะต่างๆ อยู่ในช่วง 30.8-41.9 เมกะปาสกาล ดังแสดงในรูปที่ 4.12 ทั้งนี้เนื่องมาจากเมมเบรนซัลโฟเนเตดพอลิซัลโฟนมีโครงสร้างภาควัดขวางเป็นแบบเนื้อแน่นทุกสูตร แต่ต่ำกว่าค่าความสามารถทนต่อแรงดึงของเมมเบรนพอลิซัลโฟนซึ่งอยู่ในช่วง 41.3-63.1 เมกะปาสกาล แสดงว่าการทำซัลโฟเนชันทำลายความแข็งแรงของเมมเบรนลง

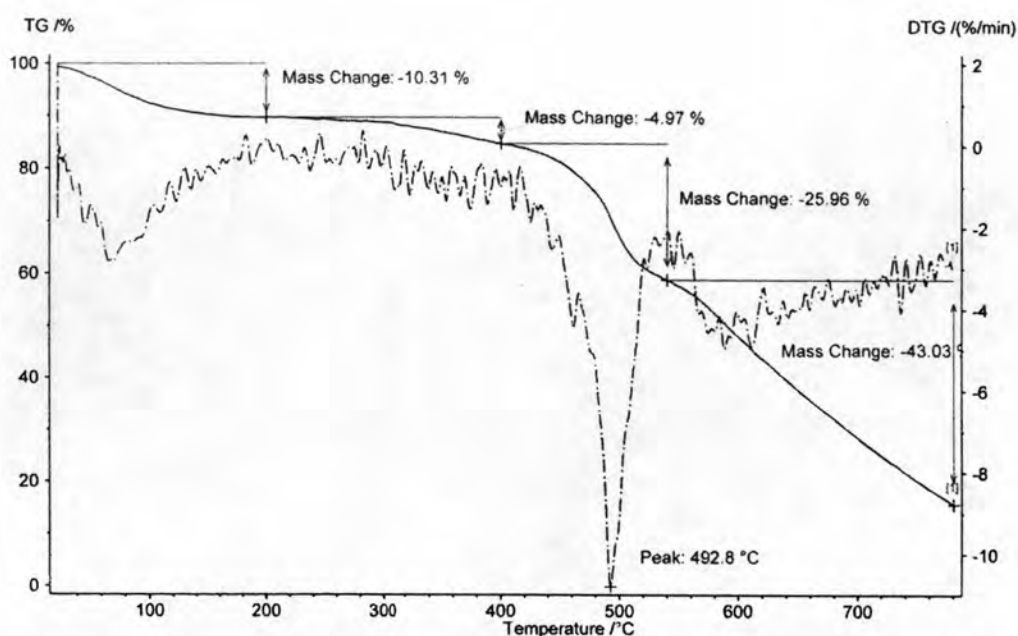


รูปที่ 4.12 ค่าความสามารถทนต่อแรงดึงของเมมเบรนซัลฟอนเตดพอลิซัลโฟนที่ระเหยตัวทำละลาย 8 และ 18 ชั่วโมง อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส และเวลาที่ทำให้พอลิเมอร์แข็งตัวในอ่างน้ำ 1 ชั่วโมง

4.3.4 ผลการศึกษาอุณหภูมิการสลายตัวของเมมเบรน

จากรูปที่ 4.13 เมมเบรนซัลฟอนเตดพอลิซัลโฟนมีการลดลงของน้ำหนักเมมเบรน 4 ช่วง ช่วงแรกที่อุณหภูมิประมาณ 90-150 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 10 เนื่องจากการเสียน้ำภายในเมมเบรน ช่วงที่ 2 ที่อุณหภูมิประมาณ 220-380 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 5 คาดว่าเนื่องจากการสลายตัวของหมู่ซัลโฟเนต ช่วงที่ 3 ที่อุณหภูมิ 400-530 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 25 คาดว่าเนื่องจากการแตกของสายโซ่พอลิเมอร์ก่อนที่จะมีการสลายตัวอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิสูงกว่า 700 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาอุณหภูมิการสลายตัวพบว่าเมมเบรนซัลฟอนเตดพอลิซัลโฟนเกิดการสลายตัวที่แตกต่างจากเมมเบรนพอลิซัลโฟน อาจบอกได้ว่าเกิดการเติมหมู่ซัลโฟเนตในสายโซ่พอลิเมอร์

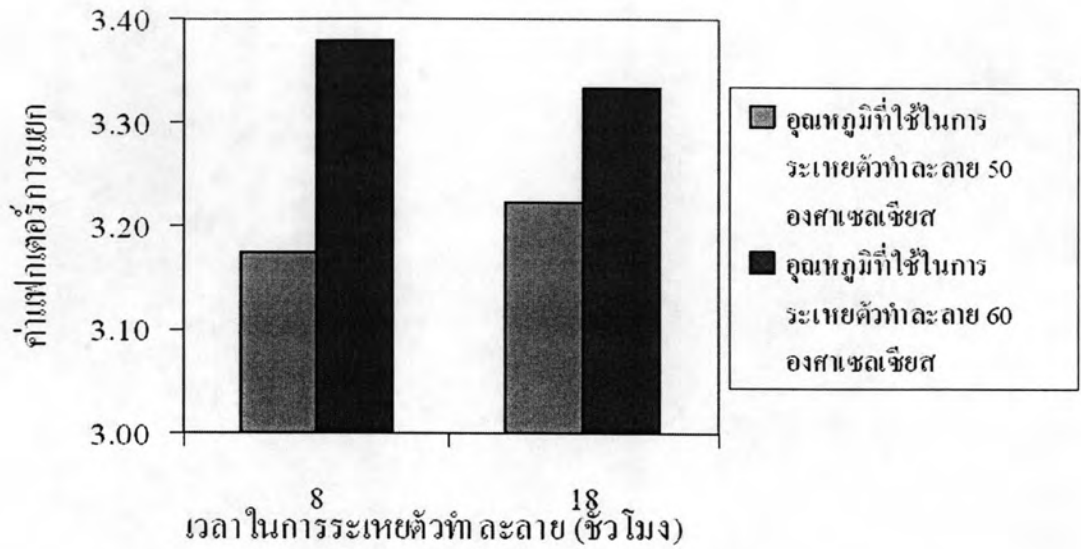


รูปที่ 4.13 อุณหภูมิการสลายตัวของเมมเบรนซัลฟอนเตดพอลิซัลโฟนที่ระเหยตัวทำละลาย บางส่วนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง เวลาในการแช่น้ำ 1 ชั่วโมง

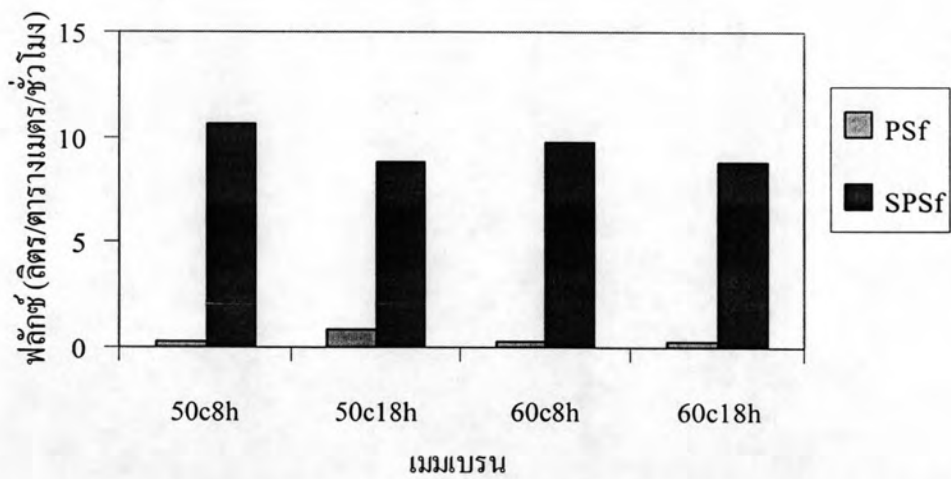
4.3.5 ผลการศึกษาสมรรถนะในการแยกของเมมเบรนซัลฟอนเตดพอลิซัลโฟน

ผลการทดสอบกระบวนการเพอร์เวปเพอเรชัน พบว่า ในเพอร์มิเอตมีไลโคพีนปน ออกมาด้วยความเข้มข้นของไลโคพีนประมาณ 3 พีพีเอ็ม จากความเข้มข้นสารป้อนเริ่มต้น 10 พีพีเอ็ม ทำให้ได้ค่าแฟกเตอร์การแยกต่ำมากดังแสดงในรูปที่ 4.14 ทั้งนี้เนื่องจากการเติมหมู่ซัลฟอนเตด ลงไปในโมเลกุลพอลิซัลโฟน เกิดเป็นหมู่เกาะเกาะในสายโซ่ เป็นช่องว่างให้ไลโคพีนผ่าน ออกมาได้หรืออาจเนื่องจากการเกิดอันตรกิริยา (Interaction) ของหมู่ซัลฟอนิลบนเมมเบรนกับ สารไลโคพีนทำให้เมมเบรนบวมขึ้นจนเกิดเป็นช่องว่างให้ไลโคพีนผ่านออกไปได้มากขึ้น เพราะ ค่าฟลักซ์ของเมมเบรนซัลฟอนเตดพอลิซัลโฟนสูงกว่าของเมมเบรนพอลิซัลโฟนตั้งต้นมาก โดยมี ค่าฟลักซ์เท่ากับ 8.8-10.62 ลิตร/ตารางเมตร/ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 4.15

ถึงแม้เมมเบรนซัลฟอนเตดพอลิซัลโฟนไม่น่าสนใจในแง่ของสมรรถนะการแยก แต่มี ประเด็นน่าสนใจในแง่ของการคิดแปลงโครงสร้างทางเคมีด้วยการทำซัลฟอนชันทำให้ทิศทางการ แยกสารไลโคพีนออกจากเฮกเซนสามารถกลับทางจากส่วนที่เป็นรีเทนเทคกลายเป็นเพอร์มิเอตซึ่ง อาจเหมาะสมกว่าในเชิงปฏิบัติ หากสามารถปรับปรุงเมมเบรนจนทำให้ได้ความเข้มข้นของ ไลโคพีนในเพอร์มิเอตสูงขึ้น



รูปที่ 4.14 ค่าแฟกเตอร์การแยกของเมมเบรนซัลฟอนเตดพอลิซัลโฟน



รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบค่าฟลักซ์ของเมมเบรนพอลิซัลโฟนและซัลฟอนเตดพอลิซัลโฟน