

การเตรียมและลักษณะสมบัติของเมมเบรนพอลิซัลโฟนและซัลโฟเนตพอลิซัลโฟน
เพื่อแยกไลโคพีนในมะเขือเทศ

นางสาวรณวรรณ บุญยศศักดิ์เสรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF POLYSULFONE AND SULFONATED
POLYSULFONE MEMBRANES FOR SEPARATION OF TOMATO LYCOPENE**

Miss Tanawan Boonyasakseree

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Chemical Technology

Department of Chemical Technology

Faculty of Science Chulalongkorn University

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

490725

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การเตรียมและลักษณะสมบัติของเมมเบรนพอลิซัลโฟนและซัลโฟเนเตดพอลิซัลโฟนเพื่อแยกไลโคพีนในมะเขือเทศ

โดย

นางสาวชนวรรณ บุญยศศักดิ์เสรี

สาขาวิชา

เคมีเทคนิค

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. ชันทอง สุนทรภา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ดร. ชุติมา เอี่ยมโชติชวลิต

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. กัทธรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชันทอง สุนทรภา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร. ชุติมา เอี่ยมโชติชวลิต)

..... กรรมการ
(เรืออากาศเอกศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. พรพจน์ เปี่ยมสมบุรณ์)

ธนวรรณ บุญยศักดิ์เสรี : การเตรียมและลักษณะสมบัติของเมมเบรนพอลิซัลโฟนและซัลโฟเนตพอลิซัลโฟนเพื่อแยกไลโคพีนในมะเขือเทศ. (PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF POLYSULFONE AND SULFONATEDPOLYSULFONE MEMBRANES FOR SEPARATION OF TOMATO LYCOPENE) อ.ที่ปรึกษา: รศ. ดร.จันทอง สุนทรภา, อ.ที่ปรึกษาร่วม : คร.ชุตินา เอี่ยมโชติชวลิต 72 หน้า.

งานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมเมมเบรนพอลิซัลโฟนและเมมเบรนซัลโฟเนตพอลิซัลโฟนเพื่อประยุกต์ใช้ในการแยกไลโคพีนจากมะเขือเทศด้วยกระบวนการเพอร์แวกเปอเรชันแบบแผ่นและกรอบ โดยเตรียมเมมเบรนจากสูตรพอลิซัลโฟนหรือซัลโฟเนตพอลิซัลโฟนร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก และนอร์มัล - เมทิล - 2 - ไพโรลิโคนร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก ด้วยวิธีการเปลี่ยนเฟส โดยแปรค่าอุณหภูมิและเวลาในการระเหยตัวทำละลายและเวลาที่ใช้น้ำ พบว่า ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมมเบรนพอลิซัลโฟนที่เตรียมขึ้นมี 2 ลักษณะ คือ แบบไม่สมมาตรซึ่งได้จากการระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ถึง 18 ชั่วโมง หรือได้จากการระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ถึง 12 ชั่วโมง และแบบเนื้อแน่นซึ่งได้จากการระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ถึง 18 ชั่วโมง หรือได้จากการระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 ถึง 18 ชั่วโมง ส่วนระยะเวลาในการแช่น้ำ 45 นาที ถึง 90 นาที ไม่มีผลต่อโครงสร้างของเมมเบรนอย่างมีนัยสำคัญ ค่าความสามารถทนต่อแรงดึงของสูตรเมมเบรนที่มีโครงสร้างไม่สมมาตรจะอยู่ในช่วง 5.5-16.0 เมกะปาสกาล สำหรับเมมเบรนที่มีโครงสร้างเนื้อแน่นจะอยู่ในช่วง 41.3-63.1 เมกะปาสกาล เมมเบรนพอลิซัลโฟนที่เหมาะสมในการนำมาใช้สกัดสารไลโคพีนออกจากเฮกเซนด้วยกระบวนการเพอร์แวกเปอเรชัน คือ เมมเบรนที่ได้จากการระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ถึง 18 ชั่วโมง โดยให้ค่าดัชนีการแยกประมาณ 3,000 อย่างไรก็ตามจากการวิจัยพบว่า เมมเบรนที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ในกระบวนการเพอร์แวกเปอเรชัน คือ เมมเบรนที่ได้จากการระเหยตัวทำละลายเป็นเวลา 14 ถึง 18 ชั่วโมง เนื่องจากมีโครงสร้างเนื้อแน่น และให้ค่าความสามารถทนต่อแรงดึงสูงกว่าเมมเบรนที่เตรียมจากสภาวะอื่น เมมเบรนซัลโฟเนตพอลิซัลโฟนที่ได้จากการระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 50 หรือ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลานานกว่า 8 ชั่วโมง จะให้โครงสร้างภาคตัดขวางเป็นแบบเนื้อแน่นทุกสูตร และให้ค่าความสามารถทนต่อแรงดึงอยู่ในช่วง 30.8 – 41.9 เมกะปาสกาล แต่ให้ค่าสมรรถนะการแยกค่อนข้างต่ำ ซึ่งหากได้รับการปรับปรุงต่อไปจะสามารถใช้งานได้ดีขึ้น

ภาควิชา เคมีเทคนิค.....
 สาขาวิชา เคมีเทคนิค.....
 ปีการศึกษา 2549.....

ลายมือชื่อนิติ.....ธนวรรณ บุญยศักดิ์เสรี
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....จันทอง สุนทรภา
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....ชุตินา เอี่ยมโชติชวลิต

4772316023 : MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY

KEY WORD: POLYSULFONE MEMBRANE / SULFONATED POLYSULFONE MEMBRANE /
 PERVAPORATION / LYCOPENE / HEXANE

TANAWAN BOONYASAKSEREE: PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF
 POLYSULFONE AND SULFONATED POLYSULFONE MEMBRANES FOR
 SEPARATION OF TOMATO LYCOPENE. THESIS ADVISOR:
 ASSOC.PROF.KHANTONG SOONTARAPA, Ph.D., THESIS COADVISOR : CHUTIMA
 EAMCHOTCHAWALIT, Ph.D., 72 pp.

In this study polysulfone (PSf) and sulfonated polysulfone (SPSf) membranes were prepared for separation of lycopene from tomato using plate and frame pervaporation technique. The PSf and SPSf membranes were prepared by phase inversion using composition of 20 wt % PSf or SPSf and N - methyl - 2 - pyrrolidone 80 wt %. The process parameters in this study were evaporation time, evaporation temperature and immersion time in water. It was found that the morphologies of PSf membranes were categorized as asymmetric and dense structures. The asymmetric structure was obtained from partial evaporation at 40 °C at all evaporation times of 8-18 hrs or from partial evaporation at 50 °C for 8-12 hrs. The dense structure was obtained from partial evaporation at 60 °C at all evaporation times of 8-18 hrs or from partial evaporation at 50 °C for 14-18 hrs. The immersion time in water showed insignificant effects on membrane properties. The tensile strengths of asymmetric structures were in the range of 5.5-16.0 MPa but those of the dense structures were in the range of 41.3-63.1 MPa. The preferred PSf membrane for separation of lycopene from hexane by pervaporation process was those obtained from partial evaporation at 50 °C for 10-18 hrs with separation index of about 3,000. However, the candidate membrane for pervaporation technique was that obtained from evaporation times of 14-18 hrs due to their dense structures and higher tensile strength than other conditions. All SPSf membranes obtained from partial evaporation temperature at 50 or 60 °C for more than 8 hrs showed dense structure. Their tensile strengths were in the range of 30.8-41.9 MPa but their separation factors were too low to be use for lycopene separation. The further improvements are needed.

Department	Chemical technology	Student's signature	Tanawan B.
Field of study	Chemical technology	Advisor's signature	khantong soontarape
Academic year	2006	Co-advisor's signature	ch sut

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชั้นทอง สุนทรภา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำปรึกษา และความช่วยเหลือให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ชุติมา เอี่ยมโชติชวลิต อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงที่ได้ให้คำแนะนำในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกตลอดการทำวิจัย

ขอขอบคุณพริชิตและเพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และให้คำแนะนำ ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เนื่องจากทุนบางส่วนองงานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากโครงการสร้างภาคีในการผลิตบัณฑิตระดับปริญญาโท-เอก สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฉ

บทที่

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะเขือเทศ.....	4
2.2 ไลโคพีน.....	4
2.3 การสกัดไลโคพีน.....	6
2.4 พอลิซัลโฟน.....	6
2.5 ซัลโฟเนตคอปอลิซัลโฟน.....	7
2.6 กระบวนการเมมเบรน.....	7
2.6.1 ไมโครฟิลเตรชัน (Microfiltration, MF)	8
2.6.2 อัลตราฟิลเตรชัน (Ultrafiltration, UF)	8
2.6.3 นาโนฟิลเตรชัน (Nanofiltration, NF)	8
2.6.4 ออสโมซิสผันทกลับ (Reverse osmosis, RO)	8
2.6.5 อิเล็กโทรไดอะลิซิส (Electrodialysis, ED)	9
2.6.6 เพอร์เวปเพอเรชัน (Pervaporation)	9

บทที่	หน้า
2.7 โมดูลเมมเบรน (Membrane module).....	11
2.7.1 แบบแผ่นและกรอบ (Plate and frame module).....	11
2.7.2 แบบท่อ (Tubular module).....	12
2.7.3 แบบเส้นใยกลวง (Hollow fiber module).....	12
2.7.4 แบบท่อม้วน (Spiral wound module).....	13
2.8 การแบ่งชนิดของเมมเบรน.....	13
2.8.1 เมมเบรนแบบแน่น.....	13
2.8.2 เมมเบรนรูพรุน.....	14
2.8.3 เมมเบรนสมมาตร/ไม่สมมาตร.....	14
2.8.4 เมมเบรนแลกเปลี่ยนไอออน.....	15
2.9 วิธีการผลิตเมมเบรนจากพอลิเมอร์.....	15
2.9.1 วิธีการเปลี่ยนเฟส (Phase inversion).....	15
2.9.2 วิธีการผลิตเมมเบรนด้วยวิธีอื่นๆ.....	16
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 สารเคมีที่ใช้.....	19
3.1.1 สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมเมมเบรน.....	19
3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการสกัดไลโคพิน.....	19
3.1.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะของเมมเบรน.....	19
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	20
3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมเมมเบรน.....	20
3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบสมบัติของเมมเบรน.....	20
3.2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัดไลโคพิน.....	20
3.3 เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์.....	20
3.3.1 เครื่องวิเคราะห์ที่มีในภาควิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.....	20
3.3.2 เครื่องวิเคราะห์นอกภาควิชาเคมีเทคนิค	21

บทที่	หน้า
3.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	21
3.4.1 การเตรียมเมมเบรน.....	21
3.4.1.1 วิธีเตรียมเมมเบรนพอลิซัลโฟน.....	21
3.4.1.2 การเตรียมซัลฟอนเตดพอลิซัลโฟน.....	21
3.4.1.3 การเตรียมเมมเบรนซัลฟอนเตดพอลิซัลโฟน.....	22
3.4.2 การสกัดสารไลโคพิน.....	22
3.4.3 การทดสอบสมบัติของเมมเบรน.....	26
3.4.3.1 ความสามารถทนต่อแรงดึง (Tensile strength).....	26
3.4.3.2 การทดสอบสัณฐานวิทยา.....	26
3.4.3.3 การศึกษาสมรรถนะในการแยกของเมมเบรน.....	26
4. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย	
4.1 ผลการเตรียมตัวอย่างไลโคพิน.....	29
4.2 การเตรียมเมมเบรนพอลิซัลโฟน.....	29
4.2.1 ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา.....	29
4.2.2 ผลการศึกษาค่าความสามารถทนต่อแรงดึง.....	34
4.2.3 ผลการศึกษาดูณหภูมิการสลายตัวของเมมเบรน.....	34
4.2.4 ผลการศึกษสมรรถนะในการแยกของเมมเบรนพอลิซัลโฟน.....	36
4.3 การเตรียมเมมเบรนซัลฟอนเตดพอลิซัลโฟน.....	39
4.3.1 ผลการศึกษาโครงสร้างทางเคมี.....	39
4.3.2 ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา.....	41
4.3.3 ผลการศึกษาค่าความสามารถทนต่อแรงดึง.....	42
4.3.4 ผลการศึกษาดูณหภูมิการสลายตัวของเมมเบรน.....	43
4.3.5 ผลการศึกษสมรรถนะในการแยกของเมมเบรนซัลฟอนเตด พอลิซัลโฟน.....	44
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	46
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	46
รายการอ้างอิง.....	47

บทที่	หน้า
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ข้อมูลจากผลการทดลอง.....	50
ภาคผนวก ข ตัวอย่างการคำนวณ.....	71
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	72

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ปริมาณไลโคพีนในผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ.....	5
ตารางที่ 4.1 ภาควัดคขวางของเมมเบรนพอลิซัลโฟน.....	32
ตารางที่ 4.2 ภาควัดคขวางของเมมเบรนซัลโฟเนเตดพอลิซัลโฟน.....	42
ตารางที่ ก.1 ค่าความสามารถทนต่อแรงดึงของเมมเบรนพอลิซัลโฟน.....	50
ตารางที่ ก.2 ค่าความสามารถทนต่อแรงดึงของเมมเบรนซัลโฟเนเตดพอลิซัลโฟน.....	64
ตารางที่ ก.3 ค่าแฟกเตอร์การแยกของเมมเบรนพอลิซัลโฟน.....	65
ตารางที่ ก.4 ค่าแฟกเตอร์การแยกของเมมเบรนซัลโฟเนเตดพอลิซัลโฟน.....	66
ตารางที่ ก.5 ค่าฟลักซ์ของเมมเบรนพอลิซัลโฟน.....	66
ตารางที่ ก.6 ค่าฟลักซ์ของเมมเบรนซัลโฟเนเตดพอลิซัลโฟน.....	67

สารบัญภาพ

	หน้า	
รูปที่ 2.1	สูตร โครงสร้างของไลโคพีน.....	5
รูปที่ 2.2	สูตร โครงสร้างของพอลิซัลโฟน.....	7
รูปที่ 2.3	สูตร โครงสร้างของซัลฟอนเตดพอลิซัลโฟน.....	7
รูปที่ 2.4	กลไกการถ่ายโอนมวลผ่านเมมเบรน โดยโมเดลการละลาย-การแพร่.....	9
รูปที่ 2.5	กลไกการถ่ายโอนมวลผ่านเมมเบรน โดยโมเดลการไหลผ่านรูพรุน.....	10
รูปที่ 2.6	โมดูลแบบแผ่นและกรอบ.....	11
รูปที่ 2.7	โมดูลแบบท่อ.....	12
รูปที่ 2.8	โมดูลแบบเส้นใยกลวง.....	12
รูปที่ 2.9	โมดูลแบบท่อม้วน.....	13
รูปที่ 3.1	แผนภาพการเตรียมเมมเบรนพอลิซัลโฟน.....	23
รูปที่ 3.2	แผนภาพการเตรียมอนุภาคซัลฟอนเตดพอลิซัลโฟน.....	24
รูปที่ 3.3	แผนภาพการเตรียมเมมเบรนซัลฟอนเตดพอลิซัลโฟน.....	25
รูปที่ 3.4	ชุดทดสอบเพอร์เวปเพอเรชันแบบแผ่นและกรอบ.....	27
รูปที่ 3.5	แผนผังชุดทดสอบเพอร์เวปเพอเรชันแบบแผ่นและกรอบ.....	27
รูปที่ 3.6	หน้าแปลนของชุดทดสอบเพอร์เวปเพอเรชันแบบแผ่นและกรอบ.....	28
รูปที่ 4.1	สเปกตรัมของไลโคพีนที่สกัดได้เทียบกับไลโคพีนมาตรฐาน.....	29
รูปที่ 4.2	เมมเบรนแบบขาวทึบแสง.....	31
รูปที่ 4.3	เมมเบรนแบบโปร่งใส.....	31
รูปที่ 4.4	ค่าความสามารถทนต่อแรงดึงของเมมเบรนพอลิซัลโฟน.....	35
รูปที่ 4.5	อุณหภูมิการสลายตัวของเมมเบรนพอลิซัลโฟนที่ระเหยตัวทำละลาย บางส่วนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง และเวลาที่ทำให้พอลิเมอร์แข็งตัวในอ่างน้ำ 1 ชั่วโมง.....	36
รูปที่ 4.6	ค่าแฟกเตอร์การแยกของเมมเบรนพอลิซัลโฟน.....	38
รูปที่ 4.7	ค่าฟลักซ์ของเมมเบรนพอลิซัลโฟน.....	38
รูปที่ 4.8	ค่าดัชนีการแยกของเมมเบรนพอลิซัลโฟน.....	39
รูปที่ 4.9	FT-IR Spectrum ของพอลิซัลโฟน.....	40
รูปที่ 4.10	FT-IR Spectrum ของซัลฟอนเตดพอลิซัลโฟน.....	40
รูปที่ 4.11	¹ H NMR ของซัลฟอนเตดพอลิซัลโฟน.....	41

รูปที่ 4.12	ค่าความสามารถทนแรงดึงของเมมเบรนซัลโฟเนตคพอลิซัลโฟน ที่ระเหยตัวทำลาย 8 และ 18 ชั่วโมง อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส และเวลาที่ทำให้พอลิเมอร์แข็งตัวในอ่างน้ำ 1 ชั่วโมง.....	43
รูปที่ 4.13	อุณหภูมิการสลายตัวของเมมเบรนซัลโฟเนตคพอลิซัลโฟน ที่ระเหยตัวทำลายบางส่วน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสนาน 8 ชั่วโมง เวลาที่ทำให้พอลิเมอร์แข็งตัวในอ่างน้ำ 1 ชั่วโมง.....	44
รูปที่ 4.14	ค่าแฟกเตอร์การแยกของเมมเบรนซัลโฟเนตคพอลิซัลโฟน.....	45
รูปที่ 4.15	เปรียบเทียบค่าฟลักซ์ของเมมเบรนพอลิซัลโฟนและซัลโฟเนตค พอลิซัลโฟน.....	45
รูปที่ ก.1	อุณหภูมิการสลายตัวของเมมเบรนพอลิซัลโฟนที่ระเหยตัวทำลายบางส่วน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง เวลาที่ทำให้พอลิเมอร์แข็งตัว ในอ่างน้ำ 1 ชั่วโมง.....	67
รูปที่ ก.2	อุณหภูมิการสลายตัวของเมมเบรนพอลิซัลโฟนที่ระเหยตัวทำลายบางส่วน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง เวลาที่ทำให้พอลิเมอร์แข็งตัว ในอ่างน้ำ 1 ชั่วโมง.....	68
รูปที่ ก.3	อุณหภูมิการสลายตัวของเมมเบรนซัลโฟเนตคพอลิซัลโฟนที่ระเหย ตัวทำลายบางส่วนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง เวลาที่ทำให้พอลิเมอร์แข็งตัวในอ่างน้ำ 1 ชั่วโมง.....	68
รูปที่ ก.4	อุณหภูมิการสลายตัวของเมมเบรนซัลโฟเนตคพอลิซัลโฟนที่ระเหย ตัวทำลายบางส่วนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง เวลาที่ทำให้พอลิเมอร์แข็งตัวในอ่างน้ำ 1 ชั่วโมง.....	69
รูปที่ ก.5	อุณหภูมิการสลายตัวของเมมเบรนซัลโฟเนตคพอลิซัลโฟนที่ระเหย ตัวทำลายบางส่วนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง เวลาที่ทำให้พอลิเมอร์แข็งตัวในอ่างน้ำ 1 ชั่วโมง.....	69
รูปที่ ก.6	อุณหภูมิการสลายตัวของเมมเบรนซัลโฟเนตคพอลิซัลโฟนที่ระเหย ตัวทำลายบางส่วนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง เวลาที่ทำให้พอลิเมอร์แข็งตัวในอ่างน้ำ 1 ชั่วโมง.....	70