

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(9)
รายการภาพประกอบ	(13)
บทที่	
1 บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
ตรวจเอกสาร	4
1. ฝรั่ง (Guava)	4
2. การกรองด้วยเมมเบรนสังเคราะห์	7
3. ข้อดีของกระบวนการเมมเบรน	8
4. ข้อจำกัดของกระบวนการเมมเบรน	9
5. วัสดุสำหรับผลิตเมมเบรน	10
6. ลักษณะการกรองแบบ dead-end และแบบไหลขวาง	13
7. รูปแบบของเมมเบรนอัลตราฟิลเตรชันและไมโครฟิลเตรชัน	14
8. รูปแบบทางคณิตศาสตร์ของการซึมผ่านเมมเบรน	20
9. การอุดตันในเมมเบรน	25
10. การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้	37
วัตถุประสงค์	45
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	45
2 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	46
วัสดุ	46

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
อุปกรณ์	46
1. อุปกรณ์ทั่วไป	46
2. อุปกรณ์อัลตราฟิลเตรชัน	46
3. เมมเบรนสังเคราะห์	47
วิธีการวิจัย	49
1. การเตรียมน้ำฝรั่งและวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ	49
2. ศึกษาประสิทธิภาพการแยกตะกอนในน้ำฝรั่งด้วยกระบวนการอัลตราฟิลเตรชัน	49
3. ศึกษาประสิทธิภาพการแยกตะกอนในน้ำฝรั่งด้วยกระบวนการไมโครฟิลเตรชันในระบบการกรองแบบไหลขวาง	51
4. ศึกษาการแยกตะกอนในน้ำ โดยใช้ Module สำเร็จรูป	51
5. การวิเคราะห์ค่าความต้านทานการไหลผ่านเมมเบรนที่เกิดขึ้นในการแยกตะกอนในน้ำฝรั่งด้วยกระบวนการอัลตราฟิลเตรชันและกระบวนการไมโครฟิลเตรชัน	52
3 ผลการทดลอง และบทวิจารณ์	53
3.1 คุณสมบัติของน้ำฝรั่ง	53
3.2 การทดสอบฟลักซ์น้ำกลั่นผ่านเมมเบรนอัลตราฟิลเตรชันและไมโครฟิลเตรชัน	55
3.3 ผลของตัวแปรต่างๆ ต่อเพอมีเอทฟลักซ์	61
3.4 ผลของความดันและอัตราการไหลต่อค่าความต้านทานต่างๆ	79
3.5 ผลของความดันและอัตราการไหลต่อรีเจคชัน	81
4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	85
บรรณานุกรม	89
ภาคผนวก ก	94
ภาคผนวก ข	98

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก ค	105
ประวัติผู้เขียน	130

## รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 คุณค่าทางอาหารของน้ำฝรั่งจากส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม	5
1.2 โพลีเมอร์ที่นิยมใช้ในการผลิตเมมเบรนสำหรับกระบวนการไมโครฟิลเตรชันและอัลตราฟิลเตรชัน	11
1.3 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเมมเบรนแบบต่าง ๆ	19
1.4 มุมสัมผัสของน้ำที่เกาะบนผิวหน้าเมมเบรนชนิดต่างๆ	30
1.5 การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตในการกำจัดรสขมในน้ำส้มโดยกระบวนการเมมเบรนและกระบวนการกรองแบบเดิม	40
1.6 การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตของการทำน้ำแอปเปิ้ลให้ใสด้วยกระบวนการอัลตราฟิลเตรชันและกระบวนการกรองแบบเดิม	41
2.1 เมมเบรนสำหรับกระบวนการอัลตราฟิลเตรชัน	47
2.2 เมมเบรนสำหรับกระบวนการไมโครฟิลเตรชัน	48
2.3 พารามิเตอร์สำหรับวัดคุณสมบัติน้ำฝรั่ง	49
3.1 คุณสมบัติของน้ำฝรั่งก่อนและหลังการทดลอง	54
3.2 ความต้านทานของเมมเบรนแบบไมโครฟิลเตรชัน	60
ก.1 ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของน้ำผลไม้ กับ ค่า Refractive Index	96
ข.1 คุณสมบัติของน้ำฝรั่งสด	98
ข.2 คุณสมบัติของน้ำฝรั่งก่อนและหลังผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน	99
ข.3 คุณสมบัติของน้ำฝรั่งก่อนและหลังผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีไวนิลิดีนฟูลออไรด์	100
ข.4 คุณสมบัติของน้ำฝรั่งก่อนและหลังผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดเซลลูโลสไนเตรท	101
ข.5 คุณสมบัติของน้ำฝรั่งก่อนและหลังผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดเซลลูโลสอะซิเตท	102
ข.6 คุณสมบัติของน้ำฝรั่งก่อนและหลังผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดเซรามิกส์	103

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ข.7 คุณสมบัติของน้ำฝรั้งก่อนและหลังผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน และเซรามิกส์	104
ค.1 ฟลักซ์น้ำกลั่น ( $J_w$ (ลิตร/เมตร <sup>2</sup> ชั่วโมง)) ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรองด้วย เมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 100,000 ในระบบการกรองแบบ dead end	105
ค.2 ฟลักซ์น้ำกลั่น ( $J_w$ (ลิตร/เมตร <sup>2</sup> ชั่วโมง)) ที่ความดันและอัตราการไหลสารป้อน ต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ในระบบการกรองแบบ หลอขวาง	105
ค.3 ฟลักซ์น้ำกลั่น ( $J_w$ (ลิตร/เมตร <sup>2</sup> ชั่วโมง)) ที่ความดันผ่านเมมเบรนแบบไมโคร ฟิลเตรชัน อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที	106
ค.4 ฟลักซ์น้ำกลั่น ( $J_w$ (ลิตร/เมตร <sup>2</sup> ชั่วโมง)) ที่ความดันและอัตราการไหลสารป้อน ต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดเซรามิกส์ ขนาดรูพรุน 0.3 ไมโครเมตร ระบบการกรองแบบ หลอขวาง	106
ค.5 ฟลักซ์น้ำฝรั้ง ( $J_v$ (ลิตร/เมตร <sup>2</sup> ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรอง ด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 100,000 ในระบบการกรองแบบ dead end	107
ค.6 ฟลักซ์น้ำฝรั้ง ( $J_v$ (ลิตร/เมตร <sup>2</sup> ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรอง ด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 100,000 อัตราการไหลสารป้อน 1.5 ลิตร/นาที	108
ค.7 ฟลักซ์น้ำฝรั้ง ( $J_v$ (ลิตร/เมตร <sup>2</sup> ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรอง ด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 100,000 อัตราการไหลสารป้อน 1.8 ลิตร/นาที	109
ค.8 ฟลักซ์น้ำฝรั้ง ( $J_v$ (ลิตร/เมตร <sup>2</sup> ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรอง ด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 100,000 อัตราการไหลสารป้อน 2.0 ลิตร/นาที	110

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า	
ค.9	<p>ฟลักซ์น้ำฝรั้ง (<math>J_v</math>(ลิตร/เมตร<sup>2</sup>ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันและอัตราการไหล สารป้อนต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 50,000</p>	111
ค.10	<p>ฟลักซ์น้ำฝรั้ง (<math>J_v</math>(ลิตร/เมตร<sup>2</sup>ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรอง ด้วยเมมเบรนชนิดโพลีไวนิลิดีนฟูลออไรด์(GVWP) ขนาดรูพรุน 0.22 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที</p>	112
ค.11	<p>ฟลักซ์น้ำฝรั้ง (<math>J_v</math>(ลิตร/เมตร<sup>2</sup>ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรอง ด้วยเมมเบรนชนิดโพลีไวนิลิดีนฟูลออไรด์(GVHP) ขนาดรูพรุน 0.22 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที</p>	113
ค.12	<p>ฟลักซ์น้ำฝรั้ง (<math>J_v</math>(ลิตร/เมตร<sup>2</sup>ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรอง ด้วยเมมเบรนชนิดเซลลูโลสไนเตรท ขนาดรูพรุน 0.1 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที</p>	114
ค.13	<p>ฟลักซ์น้ำฝรั้ง (<math>J_v</math>(ลิตร/เมตร<sup>2</sup>ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรอง ด้วยเมมเบรนชนิดเซลลูโลสไนเตรท ขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที</p>	115
ค.14	<p>ฟลักซ์น้ำฝรั้ง (<math>J_v</math>(ลิตร/เมตร<sup>2</sup>ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรอง ด้วยเมมเบรนชนิดเซลลูโลสอะซิเตท ขนาดรูพรุน 0.22 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที</p>	116
ค.15	<p>ฟลักซ์น้ำฝรั้ง (<math>J_v</math>(ลิตร/เมตร<sup>2</sup>ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการ กรองด้วยเมมเบรนชนิดเซรามิกส์ ขนาดรูพรุน 0.3 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 1.5 ลิตร/นาที</p>	117
ค.16	<p>ฟลักซ์น้ำฝรั้ง (<math>J_v</math>(ลิตร/เมตร<sup>2</sup>ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการ กรองด้วยเมมเบรนชนิดเซรามิกส์ ขนาดรูพรุน 0.3 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 1.8 ลิตร/นาที</p>	118

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า	
ค.17	ผลของความดันน้ำฝรั้ง ( $J_v$ (ลิตร/เมตร <sup>2</sup> ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดเซรามิกส์ ขนาดรูพรุน 0.3 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 2.0 ลิตร/นาที่	119
ค.18	ผลของความดันและอัตราการไหลสารป้อนต่อฟลักซ์และความต้านทานต่างๆ ในการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 100,000	120
ค.19	ผลของความดันและอัตราการไหลสารป้อนต่อฟลักซ์และความต้านทานต่างๆ ในการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 50,000	121
ค.20	ผลของความดันต่อฟลักซ์และความต้านทานต่างๆ ในการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีไวนิลิดีนฟลูออไรด์ อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที่	122
ค.21	ผลของความดันต่อฟลักซ์และความต้านทานต่างๆ ในการกรองด้วยเมมเบรนแบบไมโครฟิลเตรชันชนิดเซลลูโลสไนเตรท อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที่	123
ค.22	ผลของความดันและอัตราการไหลสารป้อนต่อฟลักซ์และความต้านทานต่างๆ ในการกรองด้วยเมมเบรนแบบไมโครฟิลเตรชัน ชนิดเซลลูโลสอะซิเตท อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที่	124
ค.23	ผลของความดันและอัตราการไหลสารป้อนต่อฟลักซ์และความต้านทานต่างๆ ในการกรองด้วยเมมเบรนชนิดเซรามิกส์ ขนาดรูพรุน 0.3 ไมโครเมตร	125
ค.24	ผลของอัตราการไหลต่อเพอมีเอทฟลักซ์และความต้านทานต่างๆ สำหรับกรองน้ำฝรั้งด้วยเมมเบรนชนิดเซรามิกส์ ขนาดรูพรุน 0.3 ไมโครเมตร ที่ความดัน 16 ปอนด์/นิ้ว <sup>2</sup>	126
ค.25	ผลของความดัน ต่อเพอมีเอทฟลักซ์และความต้านทานต่างๆ สำหรับกรองน้ำฝรั้งด้วยเมมเบรนชนิดเซรามิกส์ ขนาดรูพรุน 0.3 ไมโครเมตร ที่อัตราการไหล 1.8 ลิตร/นาที่	127

## รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1.1 หลักการของกระบวนการเมมเบรนสังเคราะห์	8
1.2 เปรียบเทียบการกรองแบบ dead-end และแบบไหลขวาง	14
1.3 เมมเบรนแบบท่อ	15
1.4 เมมเบรนแบบเส้นใยกลวง	16
1.5 เมมเบรนแบบแผ่น/มีกรอบ	17
1.6 เมมเบรนแบบท่อม้วน	18
1.7 แสดงการเกิดคอนเซนเตรชันโพลาไรเซชัน	20
1.8 การเกิดคอนเซนเตรชันโพลาไรเซชันและเจลโพลาไรเซชัน	21
1.9 ชั้นของความต้านทานต่าง ๆ	27
1.10 มุมของน้ำที่เกาะบนผิวหน้าเมมเบรน	29
1.11 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดรูพรุนของเมมเบรนกับฟลักซ์ (a) ฟลักซ์ต่อเวลา ทุกสภาวะการดำเนินการมีค่าคงที่ (b) ฟลักซ์เฉลี่ย โดยการดำเนินการที่มีการหมุนเวียน (เช่น ทำความสะอาด กับขนาดรูพรุน เมื่อปัจจัยอื่น ๆ มีค่าสมมูล	32
1.12 การเกิด Fouling ของการกรองทางนมด้วยเมมเบรนแบบอัลตราฟิลเตรชัน	35
1.13 การเกิด Fouling โดยขนาดอนุภาคต่างๆ	35
1.14 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์สภาวะการดำเนินการกับฟลักซ์	36
1.15 การเปรียบเทียบกระบวนการทำน้ำผลไม้ให้ใสด้วยกระบวนการกรองแบบ เดิมและกระบวนการอัลตราฟิลเตรชัน	38
1.16 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำแอปเปิ้ลด้วยกระบวนการกรองแบบ เดิมและกระบวนการอัลตราฟิลเตรชัน	38
2.1 ระบบอัลตราฟิลเตรชันและไมโครฟิลเตรชัน	47
3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ของน้ำกลั่นกับอัตราการไหลสารป้อนที่ความ ดันต่างๆ กรองด้วย เมมเบรนชนิด โพลีเอทิลีน ขนาดรูพรุน MWCO 100,000 ระบบการกรองแบบไหลขวาง	55



## รายการภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ของน้ำกลั่นกับอัตราการไหลสารป้อนที่ความดันต่างๆ กรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 50,000 ระบบการกรอง แบบไหลขวาง	56
3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ของน้ำกลั่นกับความดัน ที่อัตราการไหลสารป้อนต่าง กรองด้วย เมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟนขนาดรูพรุน MWCO 100,000 ระบบการกรองแบบไหลขวาง	57
3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ของน้ำกลั่นกับความดัน ที่อัตราการไหลสารป้อนต่างๆ กรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 50,000 และ 100,000 ระบบการกรองแบบไหลขวาง	58
3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ของน้ำกลั่นกับอัตราการไหลสารป้อนที่ความดันต่างๆ กรองด้วย เมมเบรนชนิดเซรามิกส์ขนาดรูพรุน 0.3 ไมโครเมตร ระบบการกรองแบบไหลขวาง	59
3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ของน้ำกลั่นกับอัตราการไหลสารป้อน ที่ความดันต่าง ๆ โดยใช้เมมเบรนแบบไมโครฟิลเตรชัน ระบบการกรองแบบไหลขวาง	60
3.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมีเอทฟลักซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำฝรั่งด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 100,000 อัตราการไหลสารป้อน 2.0 ลิตร/นาที ระบบการกรองแบบไหลขวาง	61
3.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมีเอทฟลักซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำฝรั่งด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 50,000 อัตราการไหลสารป้อน 2.0 ลิตร/นาที ระบบการกรองแบบไหลขวาง	62
3.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมีเอทฟลักซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำฝรั่งด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 100,000 ความดัน 50 ปอนด์/นิ้ว <sup>2</sup>	63
3.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมีเอทฟลักซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำฝรั่งด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน อัตราการไหลสารป้อน 1.5 ลิตร/นาที	

## รายการภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
ความดัน100 ปอนด์/ นิ้ว <sup>2</sup>	65
3.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมีเอทพลั๊กซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำฝรั่ง ด้วยเมมเบรนชนิดโพลีไวนิลิดีนฟลูออไรด์(GVWP) ขนาดรูพรุน 0.22 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 1.0 ลิตร/นาที่	66
3.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมีเอทพลั๊กซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำฝรั่ง ด้วยเมมเบรนชนิดโพลีไวนิลิดีนฟลูออไรด์(GVHP) เมมเบรน ขนาดรูพรุน 0.22ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 1.0 ลิตร/นาที่	67
3.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมีเอทพลั๊กซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำฝรั่ง ด้วยเมมเบรนชนิดเซลลูโลสไนเตรท ขนาดรูพรุน 0.1 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 1.0 ลิตร/นาที่	68
3.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมีเอทพลั๊กซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำฝรั่งด้วย เมมเบรนชนิดเซลลูโลสไนเตรท ขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน1.0 ลิตร/นาที่	69
3.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมีเอทพลั๊กซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำฝรั่งด้วย เมมเบรนชนิดเซลลูโลสอะซีเตท ขนาดรูพรุน 0.2 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 1.0 ลิตร/นาที่	70
3.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมีเอทพลั๊กซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำฝรั่ง ด้วยเมมเบรนชนิดเซรามิกส์ ขนาดรูพรุน 0.3ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 2.0 ลิตร/นาที่	71
3.17 แสดงผลของอัตราการไหลสารป้อนต่อเพอมีเอทพลั๊กซ์สำหรับการกรองน้ำฝรั่ง ด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 50,000 และ 100,000 ที่ความดันต่างๆ	72
3.18 แสดงผลของอัตราการไหลสารป้อนต่อเพอมีเอทพลั๊กซ์สำหรับการกรองน้ำฝรั่ง ด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 100,000 ที่ความดันต่างๆ	73

## รายการภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3.19 แสดงผลของความดันต่อเพอมีเอทฟลักซ์สำหรับการกรองน้ำฝรั้งด้วยเมมเบรนชนิดเซรามิกซ์ ขนาดรูพรุน 0.3 ไมโครเมตร ที่อัตราการไหลสารป้อนต่างๆ	74
3.20 แสดงผลของความดันต่อเพอมีเอทฟลักซ์สำหรับการกรองน้ำฝรั้งด้วยเมมเบรนแบบไมโครฟิลเตรชัน ที่อัตราการไหลสารป้อน 1.0 ลิตร/นาที่	75
3.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมีเอทฟลักซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำฝรั้งด้วยเมมเบรนแบบไมโครฟิลเตรชัน ที่ความดัน 30 ปอนด์/นิ้ว <sup>2</sup> อัตราการไหลสารป้อน 1.0 ลิตร/นาที่	77
3.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานความดันสำหรับการกรองน้ำฝรั้งด้วยเมมเบรนชนิดเซรามิกซ์ ขนาดรูพรุน 0.3 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 1.8 ลิตร/นาที่	80
3.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับอัตราการไหลสำหรับการกรองน้ำฝรั้งด้วยเมมเบรนชนิดเซรามิกซ์ ขนาดรูพรุน 0.3 ไมโครเมตร ความดัน 16 ปอนด์/นิ้ว <sup>2</sup>	81
3.24 แสดงผลของความดันต่อรีเจคชันของแข็งรวมทั้งหมดและของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสำหรับการกรองน้ำฝรั้งด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 100,000 ที่อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที่	82
3.25 แสดงผลของความดันต่อรีเจคชันของแข็งรวมทั้งหมดและของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสำหรับการกรองน้ำฝรั้งด้วยเมมเบรนชนิดเซรามิกซ์ ขนาดรูพรุน MWCO 0.3 ไมโครเมตร ที่อัตราการไหลสารป้อนต่างๆ	82
3.26 แสดงผลของความดันต่อรีเจคชันของแข็งรวมทั้งหมดสำหรับการกรองน้ำฝรั้งด้วยเมมเบรนแบบไมโครฟิลเตรชัน ที่อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที่	83
3.27 แสดงผลของความดันต่อรีเจคชันของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสำหรับการกรองน้ำฝรั้งด้วยเมมเบรนแบบไมโครฟิลเตรชัน ที่อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที่	84