สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(11)
รายการภาพประกอบ	(12)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ	(16)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
ตรวจเอกสาร	3
1. การกรองโดยใช้เมมเบรนที่ใช้ความดันเป็นแรงขับ	3
1.1 ชนิดของเมมเบรน	3
1.2 คุณสมบัติของเมมเบรน	4
1.3 รูปแบบของกระบวนการกรองโดยใช้เมมเบรน	4
1.4 กระบวนการไดอะฟิลเตรชัน	6
1.5 กระบวนการนาโนฟิลเตรชัน	8
1.6 สมรรถนะของกระบวนการนาโนฟิลเตรชัน	10
1.7 การเกิดอันตรกิริยา	13
1.8 กลไกการส่งผ่านตัวถูกละลาย	14
1.9 ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของนาโนฟิลเตรชัน	16
1.10 องค์ประกอบของไอออนของเกลือที่มีผลต่อการกักกัน	22
1.11 การประยุกต์ใช้นาโนฟิลเตรชันในการแยกNaCl	24
2. การผลิตน้ำปลา	26
2.1 น้ำปลา	26
2.2 ประเภทของน้ำปลา	26
2.3 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำปลา	27
2.4 กรรมวิธีในการผลิตน้ำปลา	28
2.5 การเกิดน้ำปลา	28
2.6 องค์ประกอบของน้ำปลา	31
เอกสารอ้างอิง	34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2. ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการแยกสารละลายNaCl น้ำตาล และองค์ประกอบบางชนิดของน้ำปลาเจือจางด้วยกระบวนการนาโนฟิลเตรชัน	39
บทนำต้นเรื่อง	39
วัตถุประสงค์	42
1. วัสดุ อุปกรณ์	42
2. วิธีการทดลอง	43
3. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง	48
1. สารละลายNaCl	48
1.1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายNaClและความดันขับต่อฟลักซ์ของเพอมิเอทและค่าการกักกันNaCl	48
1.2 ผลของความเร็วตามขวางต่อฟลักซ์ของเพอมิเอทและค่าการกักกัน NaCl	50
1.3 ผลของ pH และความดันขับต่อฟลักซ์ของเพอมิเอทและค่าการกักกัน NaCl	53
2. สารละลายน้ำตาลซูโครสและกลูโคส	54
2.1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลซูโครสและกลูโคสและความดันขับต่อค่าฟลักซ์ของเพอมิเอทและค่าการกักกันของน้ำตาลซูโครสและกลูโคส	54
2.2 ผลของความเร็วตามขวางต่อฟลักซ์ของเพอมิเอทและค่าการกักกันของน้ำตาลซูโครสและกลูโคส	58
3. สารละลายผสมNaClและน้ำตาลซูโครส	58
3.1 ผลของอันตรกิริยาระหว่างสารละลายNaClกับน้ำตาลซูโครสต่อฟลักซ์ของเพอมิเอทและค่าการกักกันNaCl และน้ำซูโครส	58
4. น้ำปลาเจือจาง	62
4.1 ผลของระดับความเข้มข้นของน้ำปลาเจือจางและความดันขับต่อฟลักซ์ของเพอมิเอทและค่าการกักกันโปรตีนและNaCl	62

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 ผลของความเข้มข้นNaClที่เติมลงไปในน้ำปลาเจือจางต่อค่าฟลักซ์ของเพอมิเอทและค่าการกักกันโปรตีนละNaCl	66
4.3 ผลของ pH ต่อค่าฟลักซ์ของเพอมิเอทและค่าการกักกันโปรตีนและNaClของน้ำปลาเจือจาง	69
4.4 ผลของความเร็วตามขวางต่อค่าฟลักซ์ของเพอมิเอทและค่าการกักกันโปรตีนและNaClของน้ำปลาเจือจาง	72
สรุปผลการทดลอง	73
เอกสารอ้างอิง	76
3. ผลของรูปแบบการดำเนินการต่อการแยกNaClออกจากน้ำปลาด้วยกระบวนการไดอะฟิลเตรชันโดยใช้เมมเบรนระดับนาโนฟิลเตรชัน	80
บทนำต้นเรื่อง	80
วัตถุประสงค์	86
1. วัสดุ อุปกรณ์	86
2. วิธีการทดลอง	87
3. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง	92
1. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำปลา	92
2. ผลของรูปแบบกระบวนการไดอะฟิลเตรชันแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องต่อค่าฟลักซ์ของเพอมิเอทและค่าการกักกันโปรตีนและNaCl	92
3. ผลของลำดับขั้นตอนในการทำไดอะฟิลเตรชันและการทำให้เข้มข้นต่อค่าฟลักซ์ของเพอมิเอทและค่าการกักกันโปรตีนและNaCl	100
4. คุณสมบัติของน้ำปลาที่ได้จากการทำไดอะฟิลเตรชันและทำให้เข้มข้นขึ้นเปรียบเทียบกับน้ำปลาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไทย	108
สรุปผลการทดลอง	109
เอกสารอ้างอิง	111
4. บทสรุป ข้อจำกัด ปัญหาและข้อเสนอแนะ	113
ภาคผนวก	115
ประวัติผู้เขียน	128

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
1-1	ค่าการกักกันของเมมเบรนออสโมซีสผันกลับ นาโนฟิลเตรชันและอัลตราฟิลเตรชัน	10
1-2	ค่าการกักกันของสารละลายเกลือสำหรับเมมเบรนนาโนฟิลเตรชันทางการค้า 2 ชนิด	14
1-3	ค่าการกักกันเกลือ 4 ชนิด	23
1-4	ผลของขนาดไอออนเกลือที่แตกต่างกันต่อค่าสัมประสิทธิ์การแพร่	24
1-5	ลักษณะทางเคมีและกายภาพของน้ำปลาทางการค้า	32
1-6	ลักษณะทางเคมีของน้ำปลาจาก 7 ประเทศในแถบเอเชียตะวันออกและตะวันออกเฉียงใต้	33
2-1	ผลของระดับความเข้มข้นของน้ำปลาเจือจางต่อค่าความต้านทานเมมเบรนและความต้านทานฟาวลิ่ง ที่ความดันขับเฉลี่ย ความเร็วตามขวาง 500 l/h อุณหภูมิ 28 $\pm$ 3°C	63
2-2	ผลของความเข้มข้นNaClต่อค่าความต้านทานเมมเบรนและความต้านทานฟาวลิ่ง ที่น้ำปลาร้อยละ50 ความดันขับเฉลี่ย ความเร็วตามขวาง 500 l/h อุณหภูมิ 28 $\pm$ 3°C	67
2-3	ผลของ pH ต่อค่าความต้านทานเมมเบรนและความต้านทานฟาวลิ่ง ที่น้ำปลาร้อยละ10 ความดันขับเฉลี่ย ความเร็วตามขวาง 500 l/h อุณหภูมิ 28 $\pm$ 3°C	70
2-4	ผลของความเร็วตามขวางต่อค่าความต้านทานเมมเบรนและความต้านทานฟาวลิ่ง ที่น้ำปลาร้อยละ10 ความดันขับเฉลี่ย ความเร็วตามขวาง 500 l/h อุณหภูมิ 28 $\pm$ 3°C	73
3-1	การเปรียบเทียบกระบวนการไดอะฟิลเตรชันกับไดอะไลซีส	82
3-2	การเปรียบเทียบร้อยละความเข้มข้นของNaClในเพอมิเอทของกระบวนการไดอะฟิลเตรชัน	85
3-3	คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำปลา	93
3-4	คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำปลาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไทย	93
3-5	ผลของรูปแบบกระบวนการไดอะฟิลเตรชันต่อค่าความต้านทานเมมเบรนและความต้านทานฟาวลิ่ง ที่ความดันขับ 10 bar ความเร็วตามขวาง 500 l/h อุณหภูมิ 28$\pm$3°C	95
3-6	ความเข้มข้นสุดท้ายของโปรตีนและNaClจากการทดลองและการคำนวณ	100
3-7	ผลของรูปแบบการดำเนินการต่อค่าความต้านทานเมมเบรนและความต้านทานฟาวลิ่ง ที่น้ำปลาร้อยละ 50 (v/v) ความดันขับ10bar ความเร็วตามขวาง 500 l/h อุณหภูมิ 28$\pm$°C	102
3-8	ความเข้มข้นสุดท้ายของโปรตีนและNaClจากการทดลองและการคำนวณ	107
3-9	การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำปลาหลังจากเอาNaCl ออกและทำให้เข้มข้นขึ้นและน้ำปลาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไทย	108

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1-1	กระบวนการทำงานแบบกะ: (a) ไหลเวียนกลับทั้งหมด, (b) ไหลเวียนกลับบางส่วน	5
1-2	ระบบการทำงานแบบต่อเนื่อง	6
1-3	ไดอะฟิลเตรชันแบบกะต่อเนื่อง	7
1-4	ไดอะฟิลเตรชันแบบกะไม่ต่อเนื่อง	8
1-5	ไดอะฟิลเตรชันแบบต่อเนื่องแบบไหลทางเดียวกัน	9
1-6	ไดอะฟิลเตรชันแบบต่อเนื่องแบบไหลสวนทางกัน	9
1-7	ผลของความเร็วตามขวางต่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวล	16
1-8	ผลของความดันและความเข้มข้นของคอปเปอร์ต่อค่าฟลักซ์ของเพอมิเอท	17
1-9	ผลของความดันต่อค่าเปอร์เซ็นต์การกักกันไนเตรท	18
1-10	ผลของความเข้มข้นNaCl ต่อฟลักซ์ของเพอมิเอทภายใต้ความดันที่แตกต่างกัน	19
1-11	ผลของความเข้มข้นNaClต่อร้อยละการกักกัน	20
1-12	ผลของpH ต่อค่าร้อยละการกักกันที่ความเข้มข้นของเกลือต่างๆกัน	21
1-13	ผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์ของเพอมิเอทและค่าการกักกันที่ความดัน 13.8 bar และ ความ เข้มข้นของสารป้อน 0.055 g/ml	22
1-14	กระบวนการผลิตน้ำปลาในอุตสาหกรรม	29
2-1	ระบบนาโนฟิลเตรชันระดับโรงงานทดลอง	43
2-2	ผลของความดันขับและความเข้มข้นต่อค่าฟลักซ์ของเพอมิเอท ภายใต้สภาวะความเข้มข้นของสารละลายNaClแตกต่างกัน ความเร็วตามขวาง 500 l/h pH 7 และอุณหภูมิ 28±3°C	48
2-3	ผลของความดันขับและความเข้มข้นต่อค่าการกักกันNaCl ภายใต้สภาวะความเข้มข้นของสารละลายNaClแตกต่างกัน ความเร็วตามขวาง 500 l/h pH 7 และอุณหภูมิ 28±3°C	49
2-4	ผลของความเข้มข้นของสารละลายNaCl และความดันขับต่อค่าการกักกันNaCl ภายใต้สภาวะความดันขับที่แตกต่างกัน ความเร็วตามขวาง 500 l/h pH 7 และอุณหภูมิ 28±3°C	50
2-5	ผลของความเร็วตามขวางต่อค่าฟลักซ์ของเพอมิเอทและค่าการกักกันNaCl ที่ความเข้มข้นของสารละลายNaClร้อยละ5 (w/w) ความดันขับ 6 bar ความเร็วตามขวาง 500 l/h pH 7 และอุณหภูมิ 28±3°C	52

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2-6	ผลของ pH ของสารละลายNaClและความดันขับต่อค่าฟลักซ์ของเพอมิเอท ภายใต้สภาวะความดันขับที่แตกต่างกันของสารละลายNaClร้อยละ5 (w/v) ความเร็วตามขวาง 500 l/h และอุณหภูมิ 28±3°C	53
2-7	ผลของ pH ของสารละลายNaCl และความดันขับต่อค่าการกักกันNaCl ภายใต้สภาวะความดันขับที่แตกต่างกันของสารละลายNaClร้อยละ5 (w/v) ความเร็วตามขวาง 500 l/h และอุณหภูมิ 28±3°C	54
2-8	ผลของความเข้มข้นและความดันขับต่อค่าฟลักซ์ของเพอมิเอทของกลูโคส และซูโครส ภายใต้สภาวะความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ความเร็วตามขวาง 500 l/h pH 7 และอุณหภูมิ 28±3°C	55
2-9	ผลของความเข้มข้นและความดันขับต่อค่าการกักกันของกลูโคสและซูโครส ภายใต้สภาวะความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ความเร็วตามขวาง 500 l/h pH 7 และอุณหภูมิ 28±3°C	56
2-10	ผลของความเร็วตามขวางต่อค่าฟลักซ์ของเพอมิเอทและค่าการกักกันของน้ำตาลซูโครส หรือกลูโคส ที่ความเข้มข้นร้อยละ5(w/v) ความดันขับ 6 bar ความเร็วตามขวาง 500 l/h pH 7 และอุณหภูมิ 28±3°C	58
2-11	ผลของความเข้มข้นของNaClในสารละลายผสมและความดันขับต่อค่าฟลักซ์ของเพอมิเอทของสารละลายผสม ภายใต้สภาวะความเข้มข้นของNaClที่แตกต่างกันที่ซูโครสร้อยละ5 (w/v) ความเร็วตามขวาง 500 l/h pH 7และอุณหภูมิ 28±3°C	59
2-12	ผลของความเข้มข้นของNaClในสารละลายผสมและความดันขับต่อค่าการกักกันซูโครส ภายใต้สภาวะความเข้มข้นของNaClที่แตกต่างกันที่ซูโครสร้อยละ5 (w/v) ความเร็วตามขวาง 500 l/h pH 7และอุณหภูมิ 28±3°C	60
2-13	ผลของความเข้มข้นของNaClในสารละลายผสมและความดันขับต่อค่าการกักกันNaCl ภายใต้สภาวะความเข้มข้นของNaClที่แตกต่างกันที่ซูโครสร้อยละ5 (w/v) ความเร็วตามขวาง 500 l/h pH 7และอุณหภูมิ 28±3°C	61
2-14	ผลของระดับของน้ำปลาเจือจางและความดันขับต่อค่าฟลักซ์ของเพอมิเอท ภายใต้สภาวะความดันขับที่แตกต่างกัน ที่ความเร็วตามขวาง 500 l/h pH 5.5 และอุณหภูมิ 28±3°C	62

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2-15	ผลของระดับของน้ำปลาเจือจางและความดันขับ ต่อค่าการกักกันโปรตีน (a) NaCl (b)ภายใต้สภาวะความดันขับที่แตกต่างกัน ที่ความเร็วตามขวาง 500 l/h pH 5.5 และอุณหภูมิ 28±3°C	64
2-16	ผลของความเข้มข้นของNaClและความดันขับต่อฟลักซ์ของเพอมิเอท ภายใต้สภาวะความดันขับที่แตกต่างกันที่น้ำปลาร้อยละ 50 (v/v) ความเร็วตามขวาง 500 l/h pH 5.5 และอุณหภูมิ 28±3°C	66
2-17	ผลของความเข้มข้นของNaClและความดันขับต่อค่าการกักกันโปรตีน (a) NaCl (b) ภายใต้สภาวะความดันขับที่แตกต่างกัน ที่น้ำปลาร้อยละ 50 (v/v) ความเร็วตามขวาง 500 l/h pH 5.5 และอุณหภูมิ 28±3°C	68
2-18	ผลของ pH และความดันขับต่อค่าฟลักซ์ของเพอมิเอท ภายใต้สภาวะความดันขับที่แตกต่างกัน ที่น้ำปลาร้อยละ 10 (v/v) ความเร็วตามขวาง 500 l/h และอุณหภูมิ 28±3°C	69
2-19	ผลของ pH และความดันขับต่อค่าการกักกันโปรตีน (a) NaCl (b)ภายใต้สภาวะความดันขับที่แตกต่างกัน ที่น้ำปลาร้อยละ 10(v/v) ความเร็วตามขวาง 500 l/h และอุณหภูมิ 28±3°C	71
2-20	ผลของความเร็วตามขวางต่อค่าฟลักซ์ของเพอมิเอทและค่าการกักกันโปรตีนและ NaCl ที่น้ำปลาร้อยละ10 (v/v) ความดันขับ 6 bar ความเร็วตามขวาง 500 l/h pH 5.5 และอุณหภูมิ 28±3°C	72
3-1	ระบบนาโนฟิลเตรชันระดับโรงงานทดลอง	87
3-2	การเปรียบเทียบรูปแบบไดอะฟิลเตรชันต่อค่าฟลักซ์เพอมิเอท ความขันดับ 10 bar ความเร็วตามขวาง 500 l/h และอุณหภูมิ28 ± 3°C	94
3-3	การเปรียบเทียบรูปแบบไดอะฟิลเตรชันต่อค่าร้อยละความเข้มข้นโปรตีน (a) NaCl (b) ที่ความขันดับ10 bar ความเร็วตามขวาง 500 l/h และอุณหภูมิ28 ± 3°C	97
3-4	การเปรียบเทียบรูปแบบไดอะฟิลเตรชันต่อค่าการกักกันโปรตีน (a) NaCl (b) ที่ความขันดับ 10 bar ความเร็วตามขวาง 500 l/h และอุณหภูมิ28 ± 3°C	99
3-5	ผลของปริมาตรของเพอมิเอทต่อฟลักซ์ของเพอมิเอท ที่น้ำปลาร้อยละ50 (v/v) ความขันดับ10 bar ความเร็วตามขวาง 500 l/h และอุณหภูมิ28 ± 3°C	101

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3-6 ผลของปริมาตรของเพอมิเอทต่อค่าร้อยละความเข้มข้นของโปรตีน (a) NaCl (b) ที่น้ำปลาร้อยละ50 (v/v) ความขันดับ 10 bar ความเร็วตามขวาง 500 l/h และอุณหภูมิ $28 \pm 3^{\circ}$ C 103

3-7 ผลของปริมาตรของเพอมิเอทต่อค่าการกักกันโปรตีน (a) NaCl (b) ที่น้ำปลาร้อยละ50 (v/v) ความขันดับ 10 bar ความเร็วตามขวาง 500 l/h และอุณหภูมิ $28 \pm 3^{\circ}$C 105

ภาพภาคผนวกที่

1 กราฟมาตรฐานสำหรับการหาปริมาณน้ำตาลด้วยวิธี Phenol sulfuric method โดยใช้กลูโคสเป็นสารละลายมาตรฐาน 123

2 กราฟมาตรฐานสำหรับการหาปริมาณNaCl โดยใช้ Conductivity meter โดยใช้NaClเป็นสารละลายมาตรฐาน 124