ผนวก ก

การวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี

ในงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดและปริมาณกรดทั้งหมด

1. ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid)

หลักการ องค์ประกอบของปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำฝรั่ง ส่วนใหญ่ประกอบด้วยน้ำตาล และอนุภาคเล็กๆ ดังนั้นในการหาปริมาณของแข็งทั้งหมด จะทำการอบน้ำฝรั่งเพื่อระเหยน้ำออกให้หมดแล้ว จึงนำไปชั่งน้ำหนักหาปริมาณของแข็งทั้งหมด

วิธีการทดลอง

1. นำภาชนะสำหรับหาความชื้นเข้าตู้อบที่ 120 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นในภาชนะสำหรับหาความชื้น ปล่อยให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักบันทึกผล (M1)
2. เติมน้ำฝรั่ง 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในภาชนะสำหรับหาความชื้น นำไปอบที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นปล่อยให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก นำไปอบซ้ำจนน้ำหนักคงที่ บันทึกผล (M2)
3. คำนวณหาปริมาณของแข็งทั้งหมด จาก

$$\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมด (กรัม/ลิตร)} = [(M2 - M1) \times 1000] / 5$$

เมื่อ $M2 - M1$ = ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำฝรั่ง 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2. การวิเคราะห์ Refractive Index

Refractive Index ของน้ำผลไม้วัดโดยใช้ Abbe refractometer ค่า Refractive Index หรือการหักเหของแสงของของแข็งละลายได้ (Soluble solid) หรือ องศาบริกซ์ ($^{\circ}$Birx) ในสารละลายตัวอย่าง ค่าการหักเหแสงที่อ่านได้สามารถเทียบเป็นความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลได้จากตารางมาตราฐาน นิยมวัดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียล ถ้าทำการวัดที่

อุณหภูมิอื่นต้องปรับค่าให้ถูกต้อง วิธีนี้วัดได้รวดเร็วและให้ผลค่อนข้างแน่นอน ค่า Refractive Index มีความสัมพันธ์กับความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของน้ำผลไม้ ตัวอย่างดังตาราง ก1

ตาราง ก.1 ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของน้ำผลไม้ กับ ค่า Refractive Index

ความเข้มข้นของน้ำผลไม้	Refractive Index ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส		
	Grapefruit juice	Lemon juice	Orange juice
3 เท่า	1.3756 - 1.3790	1.3681 - 1.3710	1.3816 - 1.3860
4 เท่า	1.3926 - 1.3970	1.3796 - 1.3820	1.3996 - 1.4040
5 เท่า	1.4085 - 1.4120	1.3911 - 1.3940	1.4181 - 1.4230
6 เท่า	1.4236 - 1.4270	1.4041 - 1.4070	1.4381 - 1.4430
7 เท่า	1.4391 - 1.4430	1.4149 - 1.4175	1.4566 - 1.4610

ที่มา : ลักขณา รุจนะไกรกานต์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์ (2533)

3. การวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acidity, g/l)

วิธีการทดลอง

1. ปิเปตน้ำผลไม้มา 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดฟลาสค์ขนาด 125 มิลลิลิตร (ถ้ามีสีเข้ม เติมน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มเดือดและเย็นลงไปให้สีจางลง)
2. หยดฟีนอฟทาลีนลงไป 2 – 3 หยด นำไปไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จนถึงจุดยุติเมื่อสารละลายในขวดฟลาสค์เป็นสีชมพูอ่อน ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง
3. คำนวณหาค่าเฉลี่ยของด่างที่ใช้ และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมด ถ้าเป็นน้ำส้มหรือน้ำผลไม้ชนิดอื่นๆ คำนวณเทียบเป็นกรดซิตริก ยกเว้นน้ำแอปเปิล คำนวณเทียบเป็นกรดมาลิค และน้ำองุ่น คำนวณเทียบเป็นกรดทาร์ทาริค สำหรับ volatile acidity เทียบเป็นกรดอะซิติค

1 มิลลิลิตร ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ทำปฏิกิริยาสมมูลย์พอดีกับกรดซิตริก 0.0070 กรัม

กลิ่นของน้ำผลไม้ส่วนมากมีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนของเปอร์เซนต์ของแข็งที่ละลายได้ต่อเปอร์เซนต์กรดทั้งหมด เรียกว่า maturity ratio ซึ่งค่านี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อผลไม้สุก จึงใช้ประเมินคุณภาพของน้ำผลไม้ได้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี

ตาราง ข.1 คุณสมบัติของน้ำฝรั่งสด

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ
กรดแอสคอบิค	61.34 mg/100 ml น้ำฝรั่ง
กรดซิตริก	0.46 % (w/V)
เพคติน	0.03 % (w/w)
ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้	8.8 ^{o}Brix
ค่าความเป็นกรด ด่าง	4.34

ที่มา อมรรัตน์, 2545

ตาราง ข.2 คุณสมบัติของน้ำฝรั่งก่อนและหลังผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน

Membrane	Stream	Q (l/min)	ΔP (psi)	pH	TA (g/l)	DS (°Brix)	TS (g/l)	Turbidity (NTU)
PS	Feed			4.11	2.17	7.30	24.56	71.50
MWCO	permeate	1.5	50	4.02	1.96	5.80	3.41	2.24
100000			100	4.09	1.93	5.80	3.58	2.35
			150	4.07	1.96	5.70	3.71	2.38
		1.8	50	4.03	1.89	5.90	3.09	2.36
			100	4.05	1.96	5.80	3.26	2.48
			150	4.05	2.00	5.70	3.40	2.58
		2	50	4.06	1.82	5.90	3.36	2.24
			100	4.05	1.86	5.90	3.27	2.13
			150	4.06	1.89	5.70	3.11	2.42
		dead end	50	4.03	2.03	5.90	3.55	2.61
			100	4.05	2.07	5.80	3.26	2.18
			150	4.05	1.96	5.90	3.24	2.47
PS	Feed			4.08	1.78	7.50	26.38	83.70
MWCO	permeate	1.5	100	3.80	1.40	6.00	3.71	0.65
50000			150	3.80	1.33	6.00	3.79	0.96
		1.8	100	3.91	1.37	6.00	3.69	0.45
			150	3.95	1.33	5.90	3.84	0.51
		2	100	3.82	1.33	6.00	3.77	0.23
			150	3.90	1.33	6.00	3.90	0.54

ตาราง ข.3 คุณสมบัติของน้ำฝรั่งก่อนและหลังผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีไวนิลิดีนฟลูออไรด์

Membrane	Stream	Q (l/min)	ΔP (psi)	pH	TA (g/l)	DS (°Brix)	TS (g/l)	Turbidity (NTU)
GVWP	Feed			4.10	2.24	7.90	30.72	79.90
0.22 µm	permeate	1	10	4.00	2.03	7.50	7.10	2.40
		1	20	4.00	2.15	7.50	7.39	4.90
		1	30	3.90	1.96	7.50	7.06	4.35
		1	40	3.90	2.03	7.50	6.14	4.35
		1	50	3.92	1.89	7.60	5.81	7.95
		1	60	4.00	2.03	7.50	6.42	4.10
		1	70	3.90	1.96	7.50	5.87	4.12
		1	80	3.98	1.80	7.50	6.75	4.65
GVHP	Feed			4.10	2.67	7.40	28.70	62.10
0.22 µm	permeate	1	10	3.90	1.33	7.20	14.82	3.61
		1	20	3.90	1.42	6.90	14.58	3.45
		1	30	3.90	1.33	6.80	13.79	3.55
		1	40	3.90	1.15	6.90	13.66	3.49
		1	50	3.90	1.45	6.90	13.71	3.71
		1	60	3.90	1.43	6.80	13.57	3.59
		1	70	4.00	1.33	6.90	13.66	3.64
		1	80	3.90	1.42	6.80	13.56	3.51

ตาราง ข.4 คุณสมบัติของน้ำฝรั่งก่อนและหลังผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดเซลลูโลสไนเตรท

Membrane	Stream	Q (l/min)	ΔP (psi)	pH	TA (g/l)	DS (°Brix)	TS (g/l)	Turbidity (NTU)
CN 0.45 μm	Feed			4.20	2.03	7.60	21.26	98.70
	permeate	1	10	4.10	1.73	6.70	15.13	12.48
		1	20	4.10	1.72	6.70	14.97	10.35
		1	30	4.10	1.73	6.70	15.00	17.20
		1	40	4.10	1.73	6.70	15.19	17.25
		1	50	4.10	1.77	6.70	15.41	15.48
		1	60	4.10	1.70	6.70	14.98	12.83
		1	70	4.10	1.73	6.70	15.33	13.47
		1	80	4.10	1.70	6.70	15.02	13.58
CN 0.1 μm	Feed			4.07	2.66	7.90	22.84	87.56
	permeate	1	10	3.86	2.22	6.10	7.04	3.53
		1	20	3.86	2.24	6.50	6.81	4.59
		1	30	3.82	2.17	6.00	6.43	5.69
		1	40	3.82	2.40	6.30	7.03	5.30
		1	50	3.84	2.26	6.30	6.60	4.70
		1	60	3.82	2.19	6.40	6.28	6.10
		1	70	3.81	2.24	6.70	7.97	7.11
		1	80	3.81	2.19	6.70	7.07	8.92

ตาราง ข.5 คุณสมบัติของน้ำฝรั่งก่อนและหลังผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดเซลลูโลสอะซิเตท

Membrane	Stream	Q (l/min)	ΔP (psi)	pH	TA (g/l)	DS (°Brix)	TS (g/l)	Turbidity (NTU)
CA 0.2 μm	Feed			4.14	1.68	7.20	23.11	64.00
	permeate	1	10	4.11	1.47	6.70	9.86	12.40
		1	20	4.08	1.56	6.38	8.22	13.49
		1	30	4.10	1.49	6.70	9.77	12.93
		1	40	4.10	1.47	6.70	9.41	14.23
		1	50	4.10	1.52	6.80	10.22	12.13
		1	60	4.10	1.52	6.70	11.22	12.39
		1	70	4.10	1.47	6.40	12.82	14.44
		1	80	4.10	1.61	6.80	13.45	14.06

ตาราง ข.6 คุณสมบัติของน้ำฝรั่งก่อนและหลังผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดเซรามิกส์

Membrane	Stream	Q (l/min)	ΔP (psi)	pH	TA (g/l)	DS (°Brix)	TS (g/l)	Turbidity (NTU)
Ceramic	Feed	1.5		4.00	2.24	8.00	29.34	83.75
0.3 μm	permeate		6	3.90	1.75	7.40	2.43	2.20
			8	3.80	1.80	7.30	2.40	2.65
			10	4.00	2.01	7.30	2.28	2.00
			12	3.90	1.82	7.20	1.40	1.90
			14	4.00	1.68	7.60	2.18	2.05
	Feed	1.8		4.10	2.24	7.80	29.04	82.90
	permeate		6	4.00	1.96	7.40	1.98	3.95
			8	3.90	1.87	6.90	2.42	7.20
			10	4.00	1.82	7.30	2.27	5.85
			12	4.00	1.80	7.20	1.97	3.75
			14	4.00	1.79	7.20	2.21	4.15
			16	4.00	1.75	7.30	1.45	4.00
	Feed	2		4.10	1.54	7.90	19.64	80.10
	permeate		6	4.10	1.26	7.20	2.70	2.21
			8	4.10	1.26	7.30	1.16	1.20
			10	4.10	1.35	7.20	2.42	3.15
			12	4.10	1.40	7.20	2.43	5.41
			14	4.10	1.26	7.20	2.29	3.75
			16	4.10	1.26	7.20	2.42	3.38
			18	4.10	1.31	7.30	2.70	4.20

ตาราง ข.7 คุณสมบัติของน้ำฝรั่งก่อนและหลังผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟนและเซรามิกส์

Membrane	Time (hr.)	Q (l/min)	ΔP (psi)	pH	TA (g/l)	DS (°Brix)	TS (g/l)	Turbidity (NTU)
PS MWCO 100,000	Feed	1.5		4.10	2.03	7.50	27.28	93.70
	3		6	4.02	1.60	6.30	3.43	2.56
	6		8	4.07	1.62	6.20	3.56	2.43
	9		10	4.07	1.55	6.20	3.62	2.31
Ceramic 0.3 μm	Feed	1.5		3.97	2.23	7.80	26.88	95.40
	3		6	3.97	2.15	7.20	4.56	3.06
	6		8	3.94	2.10	7.30	4.39	2.87
	9		10	3.97	2.10	7.10	4.17	2.49

ภาคผนวก ค

ตาราง ค.1 ฟลักซ์น้ำกลั่น (J_w (ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง)) ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 100,000 ในระบบการกรองแบบ dead end

ΔP (psi)	Water flux (l/m^{2}h)
50	2088.0
100	3783.6
150	5403.6

ตาราง ค.2 ฟลักซ์น้ำกลั่น (J_w (ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง)) ที่ความดันและอัตราการไหลสารป้อนต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ในระบบการกรองแบบไหลขวาง

Pore size	ΔP	J_w (l/m^{2}h)				
	(psi)	Q=1.5 l/min	Q=1.6 l/min	Q=1.7l/min	Q=1.8 l/min	Q=2 l/min
MWCO	50	1756.8	1875.6	1814.4	2448.0	2008.8
100,000	100	3920.4	3697.2	4078.8	4010.4	3787.2
	150	5724.0	5709.6	6192.0	5529.6	6199.2
MWCO	100	548.0	576.0	590.4	601.2	619.2
50,000	150	723.6	720.8	759.6	769.6	766.8

ตาราง ค.3 ฟลักซ์น้ำกลั่น (J_w (ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง)) ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนแบบไมโครฟิลเตรชัน (อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที)

Membrane	Pore size	J_w (l/m^{2}h) at ΔP(psi)							
	(μm)	10 psi	20 psi	30 psi	40 psi	50 psi	60 psi	70 psi	80 psi
GVWP	0.22	3931.2	6814.8	6562.8	6181.2	11934.0	8708.4	11444.4	14547.6
GVHP	0.22	5774.4	9709.2	13712.4	21178.8	25905.6	29736.0	34128.0	38523.6
CA	0.2	13395.6	14994.0	18828.0	31111.2	38368.8	44809.2	48135.6	53701.2
CN	0.1	1242.0	1965.6	1962.0	2451.6	3402.0	3139.2	32292.0	3099.6
CN	0.45	17974.8	32662.8	47181.6	58406.4	63327.6	73443.6	81615.6	88682.4

ตาราง ค.4 ฟลักซ์น้ำกลั่น (J_w (ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง)) ที่ความดันและอัตราการไหลสารป้อนต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดเซรามิกส์ ขนาดรูพรุน 0.3 ไมโครเมตร ระบบการกรองแบบไหลขวาง

Q	J_w (l/m^{2}h) at ΔP(psi)						
(l/min)	6 psi	8 psi	10 psi	12 psi	14 psi	16 psi	18 psi
1.5	1350.0	1530.0	2055.6	2235.6	2437.2		
1.8	1238.4	1497.6	1825.2	2196.0	2516.4	2962.8	
2.0	1202.4	1555.2	1836.0	2109.6	2444.4	2761.2	3110.4

ตาราง ค.5 ฟลักซ์น้ำฝรั่ง (J_v (ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 100,000 ในระบบการกรองแบบ dead end

time (min)	J_v (l/m^{2}h) at ΔP(psi)		
	50 psi	100 psi	150 psi
1	58.14	63.13	59.50
5	32.98	35.88	27.71
10	24.80	27.89	14.90
30	14.53	16.81	8.99
60	10.26	10.99	6.99
90	9.27	8.45	5.63
120	7.90	9.17	5.18
150	6.90	9.54	4.27
180	7.09	7.18	5.18
210	6.99	5.00	6.63
240	5.90	11.81	4.09
270	5.90	9.36	5.63
300	5.81	8.36	4.72
330	5.90	7.18	3.18

ตาราง ค.6 ฟลักซ์น้ำฝรั่ง (J_v (ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 100,000 อัตราการไหลสารป้อน 1.5 ลิตร/นาที

Time (min)	J_v (l/m^{2}h) at ΔP(psi)		
	50 psi	100 psi	150 psi
1	31.79	38.61	49.05
5	19.80	25.71	36.15
10	19.89	23.07	31.16
30	17.62	18.99	22.35
60	16.53	16.99	17.53
90	15.35	15.81	16.26
120	15.17	15.81	15.81
150	14.17	14.08	14.72
180	14.08	16.26	14.63
210	13.99	13.63	13.63
240	12.63	14.08	13.72
270	10.08	11.54	13.17
300	9.54	12.35	11.99
330	11.90	12.90	11.63

ตาราง ค.7 ฟลักซ์น้ำฝรั่ง (J_v (ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 100,000 อัตราการไหลสารป้อน 1.8 ลิตร/นาที

Time (min)	J_v (l/m^{2}h) at ΔP(psi)		
	50 psi	100 psi	150 psi
1	78.12	74.49	72.67
5	40.88	37.24	39.52
10	32.79	32.07	32.88
30	23.53	25.89	23.89
60	20.80	21.89	20.80
90	18.71	20.62	19.17
120	19.44	17.90	18.71
150	17.08	19.17	18.08
180	17.90	18.99	18.17
210	14.81	17.26	17.53
240	15.53	13.35	17.62
270	16.26	13.72	16.53
300	15.35	14.35	16.62
330	15.44	13.54	16.44

ตาราง ค.8 ฟลักซ์น้ำฝรั่ง (J_v (ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 100,000 อัตราการไหลสารป้อน 2.0 ลิตร/นาที

Time (min)	J_v (l/m^{2}h) at ΔP(psi)		
	50 psi	100 psi	150 psi
1	35.43	40.88	54.50
5	30.25	33.97	38.97
10	28.16	29.16	33.16
30	23.71	22.71	23.89
60	21.44	19.71	20.80
90	21.62	17.53	19.17
120	18.26	17.08	18.71
150	18.53	16.71	18.08
180	17.80	15.62	18.17
210	17.17	15.90	17.53
240	12.45	15.81	17.62
270	13.72	15.81	16.53
300	13.26	17.08	16.62
330	12.35	16.90	16.44

ตาราง ค.9 ฟลักซ์น้ำฝรั่ง (J_v (ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันและอัตราการไหล สารป้อนต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 50,000

Time (min)	J_v (l/m^{2}h)					
	Q =1.5 l/min		Q =1.8 l/min		Q =2 l/min	
	ΔP=100 psi	ΔP=150 psi	ΔP=100 psi	ΔP=150 psi	ΔP=100 psi	ΔP=150 psi
1	18.17	32.25	14.08	18.62	34.97	34.07
5	16.71	26.71	13.72	17.26	26.34	27.25
10	15.08	23.07	12.81	17.17	21.71	24.98
30	13.08	18.99	11.99	16.44	18.62	23.44
60	13.08	17.44	10.90	15.44	20.98	23.62
90	11.36	17.99	11.17	15.26	18.35	22.07
120	11.45	16.81	10.45	11.72	17.26	21.07
150	11.45	16.90	10.45	11.81	15.72	20.44
180	10.90	14.90	10.36	13.54	16.08	17.35
210	10.36	14.90	10.36	10.63	15.17	18.35
240	9.08	14.99	9.63	10.72	15.90	17.90
270	10.36	14.99	9.17	12.81	15.35	15.81
300	9.27	13.90	8.90	12.90	14.63	15.53
330	9.45	14.99	8.45	12.81	15.81	16.17

ตาราง ค.10 ฟลักซ์น้ำฝรั่ง (J_v (ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีไวนิลิดีนฟลูลออไรด์(GVWP)
ขนาดรูพรุน 0.22 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที

Time	J_v (l/m^{2}h) at ΔP(psi)							
(min)	10 psi	20 psi	30 psi	40 psi	50 psi	60 psi	70 psi	80 psi
1	50.16	71.65	150.47	123.70	108.99	96.54	78.44	185.54
5	29.72	28.13	42.31	42.01	41.26	42.92	40.96	49.48
10	23.38	22.48	31.45	28.89	25.19	31.15	36.20	34.09
30	11.46	14.26	18.33	19.38	18.71	21.57	16.44	20.44
60	9.73	8.75	14.10	12.60	13.43	15.24	7.54	16.97
90	9.35	11.62	11.54	10.56	12.90	8.67	9.88	14.78
120	5.81	7.54	11.31	9.65	11.54	11.84	9.73	14.93
150	8.60	7.92	9.96	8.07	11.92	8.90	6.64	13.88
180	5.81	8.82	9.50	11.01	9.43	7.92	8.52	11.24
210	5.88	7.84	6.56	8.45	7.17	7.24	5.88	12.67
240	2.72	4.45	8.82	8.07	6.64	6.49	5.05	11.01
270	2.79	7.84	8.15	8.60	5.66	6.94	5.81	12.37
300	2.56	4.83	8.98	7.19	8.30	6.11	5.20	11.84
330	2.49	5.13	7.54	6.49	4.98	3.62	5.13	11.39

ตาราง ค.11 ฟลักซ์น้ำฝรั่ง (J_v (ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีไวนิลิดีนฟลูออไรด์(GVHP) ขนาดรูพรุน 0.22 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที

Time	J_v (l/m^{2}h) at ΔP(psi)							
(min)	10 psi	20 psi	30 psi	40 psi	50 psi	60 psi	70 psi	80 psi
1	46.01	104.84	191.96	262.48	271.90	295.29	301.32	336.39
5	37.41	51.06	64.86	81.46	65.77	90.13	83.80	74.82
10	32.73	34.02	44.80	49.40	38.69	46.54	30.32	35.83
30	24.51	20.97	28.66	22.17	23.83	29.87	18.63	21.35
60	21.80	15.99	20.67	14.63	19.53	25.04	16.59	17.50
90	20.59	13.80	17.20	12.75	16.90	20.44	16.07	15.24
120	19.91	12.07	15.54	11.54	15.61	17.72	15.46	15.46
150	18.18	11.46	14.86	10.11	14.78	15.24	15.84	15.46
180	17.57	10.56	13.65	9.58	13.80	14.48	14.56	15.76
210	16.97	10.48	12.37	9.13	13.35	13.88	12.52	16.07
240	16.97	9.58	12.07	8.60	10.79	13.73	13.73	14.86
270	16.29	9.65	11.09	7.99	10.79	13.43	12.14	13.95
300	15.76	8.67	10.48	7.54	10.48	13.58	12.97	12.24
330	15.31	8.15	10.11	7.99	9.20	13.05	12.14	12.90

ตาราง ค.12 ฟลักซ์น้ำฝรั่ง (J_V(ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดเซลลูโลสไนเตรท ขนาดรูพรุน 0.1 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที

Time	J_V (l/m^{2}h) at ΔP(psi)							
(min)	10 psi	20 psi	30 psi	40 psi	50 psi	60 psi	70 psi	80 psi
1	43.77	65.24	75.05	81.51	96.92	104.46	96.54	109.06
5	37.43	36.81	36.88	42.49	40.13	38.32	33.34	56.45
10	33.13	34.24	30.92	32.60	33.11	26.78	24.74	41.66
30	17.36	11.69	14.10	21.96	18.63	16.14	14.78	19.25
60	13.81	14.10	12.52	13.74	10.11	13.73	10.94	17.89
90	12.45	9.88	8.67	11.92	12.22	9.43	8.37	12.68
120	7.70	10.26	7.99	10.34	6.34	10.33	9.05	10.49
150	8.23	9.43	4.90	10.72	7.69	7.77	6.41	8.91
180	8.60	7.01	6.34	7.17	8.75	6.64	4.90	8.53
210	5.96	6.34	5.43	5.51	8.60	6.49	5.81	7.32
240	5.13	8.15	6.26	7.92	5.96	6.18	6.11	7.77
270	4.75	6.94	4.37	7.70	5.51	7.39	5.28	5.89
300	4.00	6.64	3.17	5.89	6.18	5.88	5.81	5.96
330	3.77	5.96	3.62	7.32	6.56	4.60	5.58	5.89

ตาราง ค.13 ฟลักซ์น้ำฝรั่ง (J_v (ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดเซลลูโลสไนเตรท ขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที

Time (min)	J_v (l/m^{2}h) at ΔP(psi)					
	10 psi	20 psi	30 psi	40 psi	50 psi	60 psi
1	121.43	121.06	207.04	121.06	130.86	173.10
5	49.93	48.65	58.08	51.44	44.88	51.29
10	33.34	30.77	36.58	35.22	26.47	33.26
30	23.46	17.88	20.06	22.17	22.78	23.00
60	12.29	14.78	12.45	19.36	16.37	20.26
90	13.58	17.57	13.80	17.65	16.90	18.54
120	12.60	17.05	10.71	17.50	11.31	16.82
150	11.95	16.67	11.92	15.91	17.95	17.88
180	11.39	14.86	11.84	16.29	18.93	17.42
210	11.77	13.88	13.27	14.33	18.10	17.05
240	9.96	10.26	14.63	11.62	17.72	14.63
270	10.18	11.77	13.88	11.88	16.52	13.88
300	8.82	12.97	15.01	11.16	13.20	13.43
330	6.79	8.15	14.63	11.07	12.52	12.22

ตาราง ค.14 ฟลักซ์น้ำฝรั่ง (J_v (ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดเซลลูโลสอะซิเตท ขนาดรูพรุน 0.22 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที

Time (min)	J_v (l/m^{2}h) at ΔP(psi)							
	10 psi	20 psi	30 psi	40 psi	50 psi	60 psi	70 psi	80 psi
1	122.56	126.34	136.90	201.38	161.41	155.37	80.33	202.14
5	46.54	44.35	45.93	46.01	42.84	46.08	39.37	41.41
10	30.62	29.04	30.85	24.44	30.02	29.72	29.42	25.80
30	21.27	19.08	18.55	20.29	18.48	22.78	23.53	25.49
60	17.88	16.74	17.95	20.21	15.99	17.50	14.56	15.08
90	16.14	14.63	16.74	17.20	12.14	18.25	18.63	16.29
120	14.63	13.27	14.71	14.63	11.92	15.46	16.82	15.24
150	15.76	12.07	13.95	13.43	13.65	10.56	14.56	13.73
180	14.48	11.54	9.13	13.05	13.95	13.50	13.12	13.35
210	13.65	11.54	12.82	14.33	11.84	8.90	14.26	14.33
240	13.12	8.45	7.47	14.63	13.65	9.13	14.03	13.05
270	13.12	9.20	6.86	13.20	13.43	10.48	11.92	12.89
300	12.45	8.22	6.86	12.54	15.39	11.77	10.18	12.37
330	12.45	8.67	1.96	11.31	14.10	11.01	9.81	11.27

ตาราง ค.15 ฟลักซ์น้ำฝรั่ง (J_v (ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดเซรามิกส์ ขนาดรูพรุน 0.3 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 1.5 ลิตร/นาที

Time (min)	J_v (l/m^{2}h) at ΔP(psi)				
	6 psi	8 psi	10 psi	12 psi	14 psi
5	19.81	16.88	23.11	20.61	21.74
10	15.47	12.08	16.66	14.80	14.46
30	9.53	7.76	10.87	9.74	8.62
60	7.27	5.74	8.58	8.14	6.80
90	6.73	4.99	7.28	8.01	5.79
120	6.62	4.53	6.95	5.90	4.32
150	6.53	4.40	6.48	5.45	4.22
180	5.74	4.28	6.08	5.04	4.98
210	3.31	4.27	6.02	4.24	3.48
240	4.55	4.66	4.38	4.59	4.89
270	4.62	4.67	4.44	4.15	3.87
300	4.61	4.19	6.51	4.64	3.06
330	4.47	4.40	6.22	3.96	2.94

ตาราง ค.16 ฟลักซ์น้ำฝรั่ง (J_V(ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดเซรามิกส์ ขนาดรูพรุน 0.3 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 1.8 ลิตร/นาที

Time (min)	J_V (l/m^{2}h) at ΔP(psi)					
	6 psi	8 psi	10 psi	12 psi	14 psi	16 psi
5	21.32	19.37	18.99	20.61	26.14	20.65
10	15.97	14.90	14.34	14.80	18.22	16.64
30	9.66	10.23	9.29	9.74	10.85	10.69
60	7.34	8.31	7.82	8.14	9.10	8.51
90	6.74	7.59	7.08	8.01	8.88	6.83
120	6.51	7.55	7.74	5.90	6.53	4.40
150	6.59	4.83	7.23	5.45	6.75	3.09
180	5.74	7.08	5.03	5.04	6.82	4.22
210	4.00	5.26	4.57	4.24	4.61	2.41
240	4.54	2.83	4.81	4.59	4.83	1.80
270	4.61	4.39	4.15	4.15	3.11	1.47
300	4.69	4.00	4.24	4.64	2.89	1.50
330	4.37	4.10	4.31	3.96	2.58	1.43

ตาราง ค.17 ฟลักซ์น้ำฝรั่ง (J_v(ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง)) กับเวลา ที่ความดันต่างๆ ผ่านการกรองด้วยเมมเบรนชนิดเซรามิกส์ ขนาดรูพรุน 0.3 ไมโครเมตร อัตราการไหลสารป้อน 2.0 ลิตร/นาที

Time (min)	J_v (l/m^{2}h) at ΔP(psi)						
	6 psi	8 psi	10 psi	12 psi	14 psi	16 psi	18 psi
5	19.37	23.11	27.02	27.14	20.26	26.41	24.02
10	14.90	16.66	19.28	18.96	17.44	19.04	17.69
30	10.17	10.87	12.04	11.53	11.55	11.33	10.06
60	8.31	8.58	9.08	9.14	9.23	9.04	8.03
90	7.59	7.28	7.76	6.17	8.16	8.09	7.05
120	7.55	6.95	7.14	7.21	7.79	6.71	6.50
150	4.83	6.48	6.64	7.14	7.48	5.78	6.66
180	7.08	6.08	6.27	5.46	5.80	5.44	6.73
210	5.26	6.02	4.29	5.13	4.93	4.82	4.41
240	2.83	4.38	5.85	4.55	6.19	4.82	4.08
270	4.39	4.44	4.57	3.58	6.09	4.69	4.07
300	4.00	6.51	6.35	5.61	6.84	5.24	3.52
330	4.10	6.22	3.39	5.61	5.98	4.71	3.61

ตาราง ค.18 ผลของความดันและอัตราการไหลสารป้อนต่อฟลักซ์และความต้านทานต่างๆ ในการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 100,000

Membrane	Q (l/min)	ΔP (psi)	Flux(l/m^2h)		Resistance ($kPa/(l/m^2h)$)	
			J_w	J_v	R_M	R_T
PS 100,000	1.5	50	1756.80	24.71	0.20	13.95
		100	3920.40	25.62	0.18	26.91
		150	5724.00	24.71	0.18	41.85
	1.8	50	1875.60	16.35	0.18	21.08
		100	3697.20	21.08	0.19	32.71
		150	5709.60	23.44	0.18	44.13
	2.0	50	1814.40	18.35	0.19	18.79
		100	4078.80	26.34	0.17	26.17
		150	6192.00	26.71	0.17	38.72
	Dead-end	50	2088.00	24.80	0.17	13.90
		100	3783.60	27.89	0.18	24.72
		150	5403.60	14.90	0.19	69.42

ตาราง ค.19 ผลของความดันและอัตราการไหลสารป้อนต่อฟลักซ์และความต้านทานต่างๆ ในการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 50,000

Membrane	Q (l/min)	ΔP (psi)	Flux(l/m^2h)		Resistance ($kPa/l/m^2h$))	
			J_W	J_V	R_M	R_T
Polysulfone MWCO 50,000	1.5	100	548.00	16.90	1.26	40.80
		150	723.60	17.62	1.43	58.68
	1.6	100	576.00	17.08	1.20	40.37
		150	720.80	22.35	1.43	46.28
	1.7	100	590.40	19.08	1.17	36.14
		150	759.60	19.62	1.36	52.71
	1.8	100	601.20	19.44	1.15	35.47
		150	769.60	22.89	1.34	45.18
	2	100	619.20	24.16	1.11	28.53
		150	766.80	23.44	1.35	44.13

ตาราง ค.20 ผลของความดันต่อฟลักซ์และความต้านทานต่างในการกรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีไวนิลิดีนฟูลออไรด์ อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที

Membrane	ΔP	Flux (l/m^{2}h)		Resistance (kPa/(l/m^{2}h))	
	(psi)	J_w	J_v	R_M	R_T
GVWP 0.22 μm	10	3931.20	23.38	0.02	2.95
	20	6814.80	22.48	0.02	6.13
	30	6562.80	31.45	0.03	6.58
	40	6181.20	28.89	0.04	9.55
	50	11934.00	25.19	0.03	13.69
	60	8708.40	31.15	0.05	13.28
	70	11444.40	36.20	0.04	13.33
	80	14547.60	34.09	0.04	16.18
GVHP 0.22 μm	10	5774.40	32.73	0.01	2.11
	20	9709.20	34.01	0.01	4.05
	30	13712.40	44.80	0.02	4.62
	40	21178.80	49.40	0.01	5.58
	50	25905.60	38.69	0.01	8.91
	60	29736.00	46.54	0.01	8.89
	70	34128.00	30.32	0.01	15.92
	80	38523.60	35.83	0.01	15.39

ตาราง ค.21 ผลของความดันต่อฟลักซ์และความต้านทานต่างๆ ในการกรองด้วยเมมเบรนแบบไมโครฟิลเตรชันชนิดเซลลูโลสไนเตรท
อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที

Membrane	ΔP	Flux (l/m^{2}h)		Resistance (kPa/(l/m^{2}h))	
	(psi)	J_W	J_V	R_M	R_T
CN 0.1 μm	10	1242.00	26.70	0.06	2.58
	20	1965.60	34.24	0.07	4.03
	30	1962.00	30.92	0.11	6.69
	40	2451.60	27.45	0.11	10.05
	50	3402.00	33.11	0.10	10.41
	60	3139.20	26.78	0.13	15.45
	70	3229.20	24.74	0.15	19.51
	80	3099.60	33.87	0.18	16.28
CN 0.45 micron	10	17974.80	33.34	0.00	2.07
	20	32662.80	30.77	0.00	4.48
	30	47181.60	36.58	0.00	5.65
	40	58406.40	35.22	0.00	7.83
	50	63327.60	26.47	0.01	13.02
	60	73443.60	33.26	0.01	12.44

ตาราง ค.22 ผลของความดันและอัตราการไหลสารป้อนต่อฟลักซ์และความต้านทานต่างๆ ในการกรองด้วยเมมเบรนแบบไมโครฟิลเตรชัน ชนิดเซลลูโลสอะซิเตท อัตราการไหลสารป้อน 1 ลิตร/นาที

Membrane	ΔP	Flux (l/m^{2}h)		Resistance (kPa/(l/m^{2}h))	
	(psi)	J_w	J_v	R_M	R_T
CA 0.2 μm	10	13395.60	30.62	0.01	2.25
	20	14994.00	29.04	0.01	4.75
	30	18828.00	24.44	0.01	8.46
	40	31111.20	30.02	0.01	9.19
	50	38368.80	29.71	0.01	11.60
	60	44809.20	29.42	0.01	14.06
	70	48135.60	25.80	0.01	18.71
	80	53701.20	9.96	0.01	55.40

ตาราง ค.23 ผลของความดันและอัตราการไหลสารป้อนต่อฟลักซ์และความต้านทานต่างๆ ในการกรองด้วยเมมเบรนชนิดเซรามิกส์ ขนาดรูพรุน 0.3 ไมโครเมตร

Membrane	Q (l/min)	ΔP (psi)	Flux(l/m^2h)		Resistance ($kPa/(l/m^2h)$)	
			J_w	J_v	R_M	R_T
Ceramic 0.3 μm	1.5	6	1350.00	15.47	0.03	2.67
		8	1530.00	14.98	0.04	3.68
		10	2055.60	16.66	0.03	4.14
		12	2235.60	14.80	0.04	5.59
		14	2437.20	14.46	0.04	6.68
Ceramic 0.3 μm	1.8	6	1238.40	15.97	0.03	2.59
		8	1497.60	14.90	0.04	3.70
		10	1825.20	14.34	0.04	4.81
		12	2196.00	14.80	0.04	5.59
		14	2516.40	17.22	0.04	5.61
		16	2962.80	16.64	0.04	6.63
Ceramic 0.3 μm	2.0	6	1202.40	14.90	0.03	2.78
		8	1555.20	16.66	0.04	3.31
		10	1836.00	19.28	0.04	3.58
		12	2109.60	18.97	0.04	4.36
		14	2444.40	17.44	0.04	5.53
		16	2761.20	19.04	0.04	5.79
		18	3110.40	17.69	0.04	7.02

ตาราง ค.24 ผลของอัตราการไหลต่อเพอมิเอทฟลักซ์และความต้านทานต่างๆ ของกรองน้ำฝรั่งด้วยเมมเบรน ชนิดเซรามิกส์ ขนาดรูพรุน 0.3 ไมโครเมตร ที่ความดัน 16 ปอนด์/นิ้ว^2

Q (l/min)	Flux (l/m^2h)				Resistance ($kPa/(l/m^2h)$)				
	J_v	J_w	J'_w	J''_w	R_t	R_m	$R_{p,re}$	$R_{p,irr}$	R_f
1.5	3.85	1080.51	82.57	81.18	28.65	0.10	27.31	-0.02	1.26
1.6	3.88	1064.77	83.87	83.17	28.41	0.10	27.09	-0.01	1.22
1.7	3.79	1064.47	85.66	88.95	29.15	0.10	27.86	0.05	1.14
1.8	3.98	1101.23	87.75	94.82	27.69	0.10	26.43	0.09	1.06
1.9	4.12	1032.90	90.24	95.32	26.80	0.10	25.57	0.07	1.05
2.0	4.25	1073.54	96.82	100.50	25.96	0.10	24.82	0.04	1.00

ตาราง ค.25 ผลของความดันต่อเพอมิเอทฟลักซ์และความต้านทานต่างๆ ของกรองน้ำฝรั่งด้วยเมมเบรน ชนิดเซรามิกส์ ขนาดรูพรุน 0.3 ไมโครเมตร ที่อัตราการไหล 1.8 ลิตร/นาที

ΔP (psi)	Flux (l/m^2h)				Resistance ($kPa/(l/m^2h)$)				
	J_v	J_w	J'_w	J''_w	R_t	R_m	$R_{p,re}$	$R_{p,irr}$	R_f
8	3.71	1184.40	76.50	120.92	14.88	0.05	14.15	0.27	0.41
10	3.59	1051.20	74.16	102.24	19.23	0.07	18.30	0.26	0.61
12	3.59	806.40	90.72	95.40	23.07	0.10	22.16	0.05	0.77
14	3.92	887.40	149.20	153.90	24.64	0.11	23.99	0.02	0.52
16	3.98	921.60	147.13	156.38	27.69	0.12	26.94	0.04	0.57

ตัวอย่างการคำนวณ

1. การคำนวณหาความต้านทานเมมเบรน(R_M)

จากการทดสอบหาฟลักซ์น้ำกลั่นด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน MWCO 50,000 ที่ความดัน 100 ปอนด์/นิ้ว^2 อัตราการไหลสารป้อน 2.0 ลิตร/นาที (ตาราง ค.2)

ปริมาณน้ำที่สามารถกรองได้ที่เวลา 2 นาที เป็น 433.89 กรัม

ปริมาณน้ำที่สามารถกรองได้ที่เวลา 2.5 นาที เป็น 440.70 กรัม

ดังนั้น อัตราการไหลเชิงมวล คือ $\frac{(440.70 - 433.89)}{0.5}\frac{กรัม}{นาที} = 13.62 กรัม/นาที$

คำนวณหาฟลักซ์น้ำกลั่น (J_w) ในหน่วยของ ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง

พื้นที่ผิวของเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน MWCO 50,000 เป็น 0.00132 เมตร^2

ความหนาแน่นของน้ำ 1 กรัม/ซม.^{3}

ดังนั้น

$$J_w = \frac{13.62 กรัม}{นาที} \times \frac{ซม.^3}{กรัม} \times \frac{60 นาที}{ชม.} \times \frac{ลิตร}{1000 ซม.^3} \times \frac{1}{0.00132 ม.^2}$$

$= 619.09$ ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง

จากนั้น คำนวณหาความต้านทานเมมเบรน(R_M) (กิโลปาสคาล/(ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง))

จากสมการ (3)

$$J_w = \frac{P_T}{R_M}$$

จะได้

$$R_M = \frac{100 ปอนด์}{นิ้ว^2} \times \frac{6.8946 กิโลปาสคาล}{1 ปอนด์/นิ้ว^2} \times \frac{1}{619.09 ลิตร/เมตร^2.ชั่วโมง}$$

$= 1.11$ (กิโลปาสคาล/(ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง))

2. การคำนวณหาความต้านทานเมมเบรน(R_T)

จากการทดสอบหาฟลักซ์น้ำฝรั่งด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน MWCO 50,000 ที่ความดัน 100 ปอนด์/นิ้ว^2 อัตราการไหลสารป้อน 2.0 ลิตร/นาที (ตาราง ค.9)

ปริมาณน้ำที่สามารถกรองได้ที่เวลา 11 นาที เป็น 201.31 กรัม

ปริมาณน้ำที่สามารถกรองได้ที่เวลา 10 นาที เป็น 200.83 กรัม

ดังนั้น อัตราการไหลเชิงมวล คือ $(201.31-200.83)\frac{กรัม}{นาที}=0.48กรัม/นาที$

คำนวณหาฟลักซ์น้ำฝรั่ง (J_V) ในหน่วยของ ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง

พื้นที่ผิวของเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน MWCO 50,000 เป็น 0.00132 เมตร^2

ความหนาแน่นของน้ำ 1 กรัม/ซม.^{3}

ดังนั้น

$$J_V=\frac{0.48กรัม}{นาที}\times\frac{ซม.^3}{กรัม}\times\frac{60นาที}{ชม.}\times\frac{ลิตร}{1000ซม.^3}\times\frac{1}{0.00132ม.^2}$$

$=21.81$ ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง

จากนั้น คำนวณหาความต้านทานเมมเบรน(R_T) (กิโลปาสคาล/(ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง))

จากสมการ (4)

$$J_V=\frac{P_T}{R_T}$$

จะได้

$$R_T=\frac{100ปอนด์}{นิ้ว^2}\times\frac{6.8946กิโลปาสคาล}{1ปอนด์/นิ้ว^2}\times\frac{1}{21.81ลิตร/เมตร^2.ชั่วโมง}$$

$=31.61$ (กิโลปาสคาล/(ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง))