

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์

งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์องค์ประกอบของสารละลายป้อนและเพอมีเอท โดยใช้ เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี และ Karl Fisher Coulometer สำหรับการทดลองเวเปอร์เพอมีเอชันมี ขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้คือ

ก๊าซโครมาโทกราฟี (GC)

1. การเตรียมกราฟมาตรฐานสำหรับสารละลายเอทานอล-น้ำโดยใช้ 1-โพรพานอลเป็นสารละลาย มาตรฐานภายใน (Internal standard)

1.1 การเตรียมสารละลายเอทานอล-น้ำ

เตรียมสารละลายเอทานอลร้อยละ 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 โดย น้ำหนัก โดยในแต่ละความเข้มข้นสารละลายจะมีน้ำหนักรวม 10 กรัม

วิธีการเตรียม

ซึ่งเอทานอลชนิดเข้มข้นร้อยละ 99.8 โดยน้ำหนักและเติมน้ำกลั่นจนสารละลายมี น้ำหนัก 10 กรัม ซึ่งน้ำหนักของเอทานอลและน้ำสำหรับแต่ละความเข้มข้นแสดงดังตาราง ก. 1

1.2 การเตรียมสารละลาย 1 - โพรพานอล (internal standard)

เตรียมสารละลาย 1- โพรพานอลชนิดเข้มข้นร้อยละ 99.4 โดยน้ำหนัก ลงในขวด vial ขนาด 10 มิลลิลิตร

1.3 การเตรียมสารละลายผสมระหว่างสารตัวอย่างกับ Internal standard

ใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเอทานอล-น้ำที่เตรียมได้จากข้อ 1.1 และสารละลาย 1- โพรพานอลที่เตรียมได้จากข้อ 1.2 อย่างละ 100 ไมโครลิตรผสมลงในขวด vial ขนาด 2 มิลลิลิตร

1.4 วิเคราะห์องค์ประกอบของสารละลายมาตรฐานโดยเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี ซึ่ง แสดงดังภาพประกอบ ก.1 ในการวิเคราะห์จะใช้เข็มฉีดดูดสารละลายที่เตรียมได้จากข้อ 1.3 ครั้งละ 0.4 ไมโครลิตร (ผ่านการกลั้วล้างอย่างน้อย 10 ครั้งด้วยสารที่ต้องการวิเคราะห์) โดยสภาวะ ในการวิเคราะห์แสดงดังตาราง ก. 2

ตาราง ก.1 น้ำหนักของเอทานอลและน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ สำหรับเตรียมสารละลายมาตรฐาน

ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอล (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	น้ำหนักของเอทานอลเกรด เชิงวิเคราะห์ (กรัม)	น้ำหนักของน้ำกลั่น (กรัม)
10	1	9
20	2	8
30	3	7
40	4	6
50	5	5
60	6	4
70	7	3
80	8	2
90	9	1
100	10	0

เมื่อเครื่องทำการวิเคราะห์ จะได้รับกราฟซึ่งจะแสดงพื้นที่ใต้กราฟของเอทานอล และพื้นที่ใต้กราฟของ 1-โพรพานอล (Internal standard) ออกมาต่อจากนั้นจึงนำผลที่ได้มาพลอตกราฟมาตรฐานดังแสดงในตาราง ข. 1 และภาพประกอบ ข. 1- ข. 4 (ภาคผนวก ข)

2. วิเคราะห์องค์ประกอบของสารละลายป้อนและเพอมีเอท

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารละลายป้อนและเพอมีเอท มีขั้นตอนต่างๆ เหมือนกับการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐาน โดยก่อนทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารละลาย ตัวอย่างที่ได้จากการทดลองทุกครั้ง ต้องนำสารละลายตัวอย่างดังกล่าวมาทำการผสมกับสารละลาย 1-โพรพานอลปริมาณอย่างละ 100 ไมโครลิตร ผสมในขวด vial หลังจากนั้นจึงนำผลที่ได้มาคำนวณอัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟของเอทานอลต่อพื้นที่ใต้กราฟของ 1-โพรพานอล เมื่อทราบอัตราส่วนดังกล่าวก็จะสามารถทราบความเข้มข้นของเอทานอลในสารตัวอย่างโดยการนำมาค่าที่ได้เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานดังแสดงในภาพประกอบ ข. 1 – ข. 4 (ภาคผนวก ข)



ภาพประกอบ ก.1 เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟฟี (GC/FID) ของบริษัท Hewlett Packard รุ่น 6890

ตาราง ก.2 สภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างด้วยเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟฟี

เครื่องตรวจวัด (detector)	ชนิด FID
คอลัมน์ (column)	HP - FFAP (Crosslinked FFAP) Film Thickness : 0.25 ไมโครเมตร Length : 25 เมตร Phase Ratio : 150 Column ID : 0.32 มิลลิเมตร
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิเครื่องตรวจวัด 200 องศาเซลเซียส อุณหภูมิหัวฉีด 180 องศาเซลเซียส อุณหภูมิตู้อบ 100 องศาเซลเซียส
อัตราเร็วของก๊าซ (มิลลิลิตรต่อนาที)	ก๊าซเชื้อเพลิง(fuel gas) : H ₂ เท่ากับ 30.0 มิลลิลิตรต่อนาที ก๊าซสนับสนุน(makeup gas) : N ₂ เท่ากับ 28.6 มิลลิลิตรต่อนาที ออกซิเจน(oxidant) : air เท่ากับ 400 มิลลิลิตรต่อนาที ก๊าซตัวพา(mobile gas) : He เท่ากับ 1.5 มิลลิลิตรต่อนาที
สถานะอื่นๆ	ความดันภายในระบบ 6.9 psi Split ratio : 200 Split flow : 300 Total flow : 304

Karl Fisher Coulometer

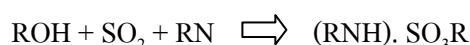
วิเคราะห์องค์ประกอบของสารละลายป้อนและสารละลายเอทานอลด้วยเครื่อง Karl Fisher Coulometer ซึ่งแสดงภาพประกอบ ก.2 เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำในสารตัวอย่าง (ในหน่วยร้อยละโดยน้ำหนัก) โดยสารตัวอย่างที่นำมาทำการวิเคราะห์ต้องมีปริมาณน้ำน้อยๆ คือน้อยกว่า 2,100 ไมโครกรัม/ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์จึงจะมีความถูกต้องและแม่นยำ



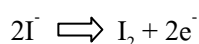
ภาพประกอบ ก.2 เครื่อง Karl Fisher Coulometer ของบริษัท Mettler รุ่น DL39

หลักการของเครื่อง

Karl Fisher Coulometer มีพื้นฐานมาจากสมการมาตรฐานของปฏิกิริยา Karl Fisher ดังนี้คือ

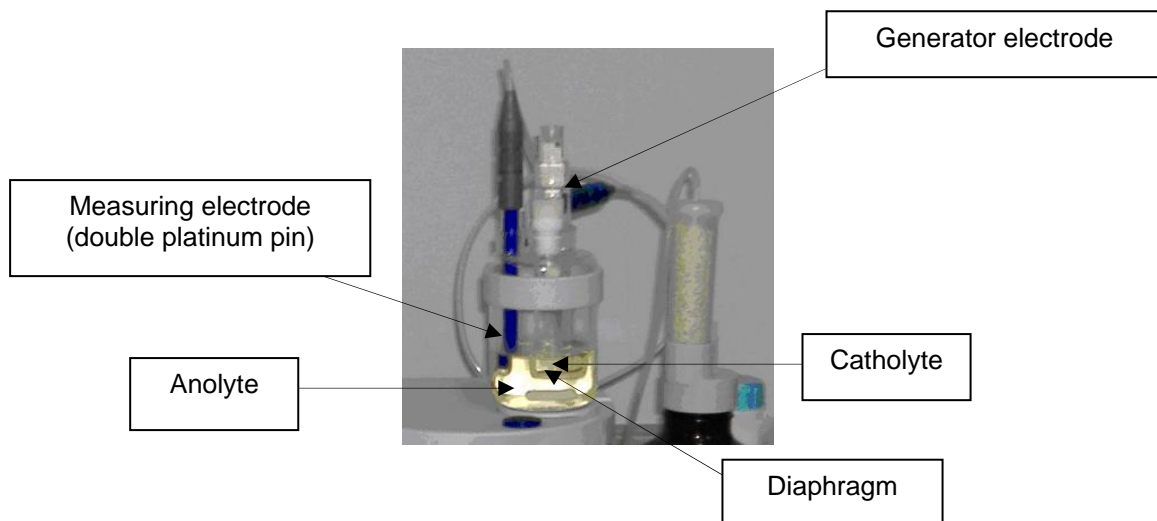


โดยที่ I_2 สามารถเกิดขึ้นจากแอนโนดิกออกซิเดชัน (anodic oxidation)



และ I_2 จะเกิดขึ้นที่ตัวกำเนิดขั้วไฟฟ้า (generator electrode) ซึ่งประกอบรวมอยู่ในเซลล์ถัดจากตัววัดขั้วไฟฟ้า (measuring electrode) ซึ่งประกอบด้วยเข็มแพททินัมซึ่งมีขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วสำหรับคำนวณหาจุดยุติ

เซลล์สำหรับการไตเตรท ประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้คือ ส่วนที่เป็นขั้วไฟฟ้าบวก (anode) และขั้วไฟฟ้าลบ (cathode) ซึ่งทั้งสองส่วนดังกล่าวจะถูกแยกออกจากกันโดยไดอะแฟรม (diaphragm) แสดงดังภาพประกอบ ก.3



ภาพประกอบ ก.3 ส่วนประกอบของเครื่อง Karl Fisher Coulometer

- ส่วนขั้วไฟฟ้าบวก (anode) จะมี anolyte ซึ่งประกอบด้วย ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfur dioxide) อีไมดาโซล (imidazole) และไอโอด (iodide) โดยใช้เมทานอลหรือเอทานอลเป็นตัวทำละลาย

- ส่วนขั้วไฟฟ้าลบ (cathode) จะมี catholyte ซึ่งประกอบด้วยเกลือแอมโมเนีย
ปฏิกิริยาที่ขั้วไฟฟ้าบวก (anode reaction)

I_2 จะเกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าบวก โดยประจุลบจาก $2I^-$ จะปล่อยอิเล็กตรอนที่ขั้วไฟฟ้าบวกและเกิดเป็น I_2 ซึ่ง I_2 ที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับน้ำในสารละลายตัวอย่าง โดยอัตราการทำปฏิกิริยาระหว่าง $[H_2O]: [I_2]$ คือ 1:1

สำหรับปฏิกิริยาที่ขั้วไฟฟ้าลบ (cathode reaction)

H_2 จะถูกผลิตขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าลบ โดย H^+ จะถูกรีดิวส์ไปเป็น H_2 โดยจะต้องมีการเติมเกลือแอมโมเนียลงไปใน catholyte เพื่อเป็นตัวเหนี่ยวนำให้ผลิต H_2

วิธีการวิเคราะห์

ใช้กระบอกฉีดยา (ซึ่งผ่านการกลั้วล้างอย่างน้อย 3 ครั้งด้วยสารที่ต้องการวิเคราะห์) ดูดสารละลายที่ต้องการวิเคราะห์มาประมาณ 1 กรัม และนำมาวางบนเครื่องชั่งซึ่งมีความละเอียด 4 ตำแหน่ง หลังจากนั้นจึงฉีดตัวอย่างลงไปในเซลล์สำหรับไตเตรทซึ่งอยู่ภายในเครื่อง ใต้น้ำหนักของสารตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ เครื่องก็จะคำนวณผลการวิเคราะห์ และบันทึกผล ซึ่งในแต่ละสารละลายตัวอย่างจะทำการวิเคราะห์ 3 ครั้ง โดยปริมาณสารตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ (ฉีดเข้าไปภายในเซลล์) สำหรับตัวอย่างหนึ่งๆ

ภาคผนวก ข

กราฟมาตรฐานสำหรับสารละลายเอทานอล-น้ำ

ตาราง ข. 1 พื้นที่ใต้กราฟเอทานอลและพื้นที่ใต้กราฟ 1- propanol สำหรับสารละลายเอทานอล-น้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นเอทานอล (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	พื้นที่ใต้กราฟเอทานอล/พื้นที่ใต้กราฟ 1- โพรพานอล						ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย	
10	0.097	0.094	0.091	0.091	0.086	0.091	0.004
20	0.175	0.174	0.174	0.173	0.170	0.173	0.002
30	0.250	0.247	0.268	0.251	0.258	0.255	0.008
40	0.331	0.334	0.336	0.337	0.321	0.332	0.006
50	0.384	0.389	0.387	0.391	0.389	0.388	0.002
60	0.458	0.459	0.446	0.466	0.475	0.461	0.010
70	0.519	0.529	0.514	0.522	0.530	0.523	0.007
80	0.583	0.597	0.580	0.593	0.593	0.589	0.007
90	0.648	0.640	0.647	0.640	0.640	0.643	0.004
99.9	0.699	0.702	0.691	0.693	0.710	0.699	0.008

ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (เมื่อความเข้มข้นเอทานอลร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก)

ความเข้มข้นเอทานอล (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	พื้นที่ใต้โค้งเอทานอล/พื้นที่ใต้โค้ง 1-โพรพานอล				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
60	0.458	0.459	0.446	0.466	0.475

การคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตพื้นที่ใต้กราฟเอทานอล/พื้นที่ใต้กราฟ 1-โพรพานอล ครั้งที่ 1-5

$$\text{ค่าเฉลี่ยคณิต } (\bar{x}) = \frac{0.458 + 0.459 + 0.446 + 0.466 + 0.475}{5}$$

$$= 0.461$$

$$\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

$$= \sqrt{\frac{(0.458 - 0.461)^2 + (0.459 - 0.461)^2 + (0.446 - 0.461)^2 + (0.466 - 0.461)^2 + (0.475 - 0.461)^2}{5}}$$

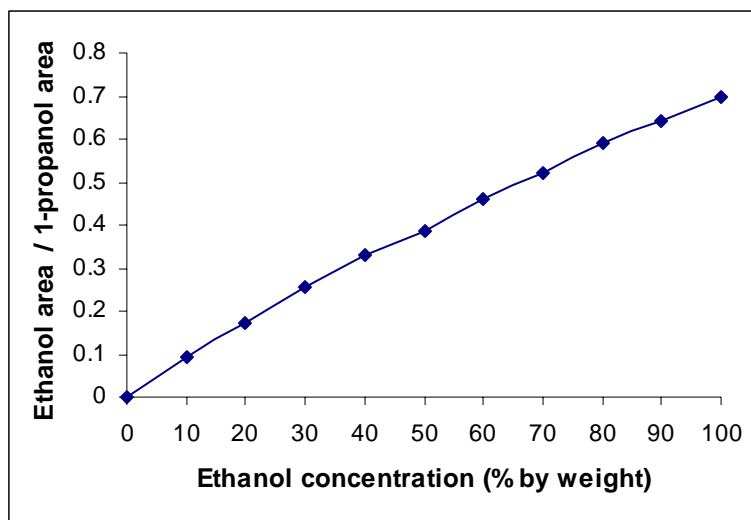
$$= 0.010$$

เมื่อกำหนดให้ x_i = ค่าพื้นที่ใต้โค้งเอทานอล/พื้นที่ใต้โค้ง 1-โพรพานอล ครั้งที่ 1-5

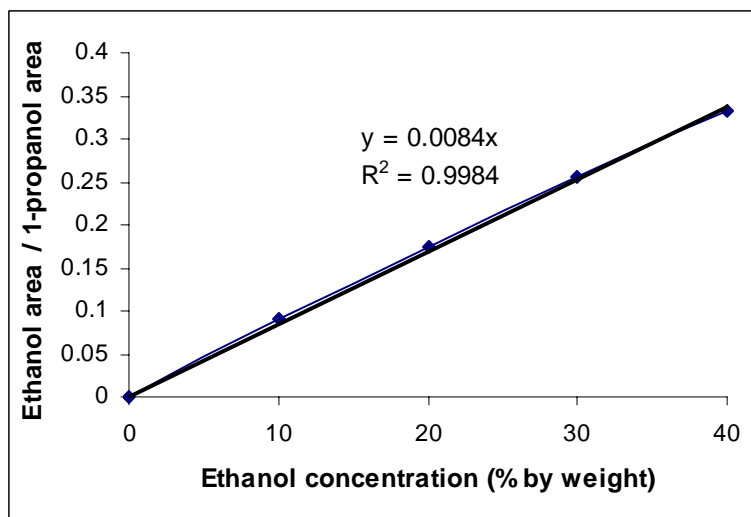
\bar{x} = ค่าเฉลี่ยคณิตพื้นที่ใต้โค้งเอทานอล/พื้นที่ใต้โค้ง 1-โพรพานอล ครั้งที่ 1-5

N = จำนวนครั้งที่ทำการฉีดสารละลายเอทานอล

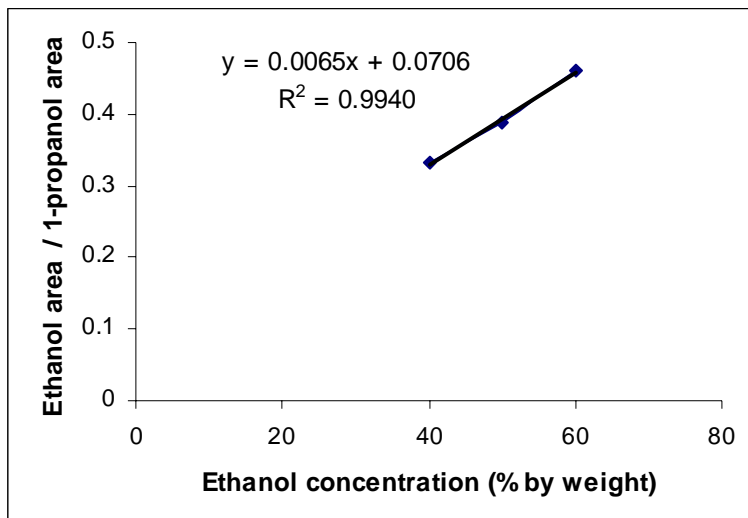
กราฟมาตรฐานสำหรับสารละลายเอทานอล-น้ำ โดยใช้ 1-โพรพานอล เป็น
สารละลายมาตรฐานภายใน (Internal standard) ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี



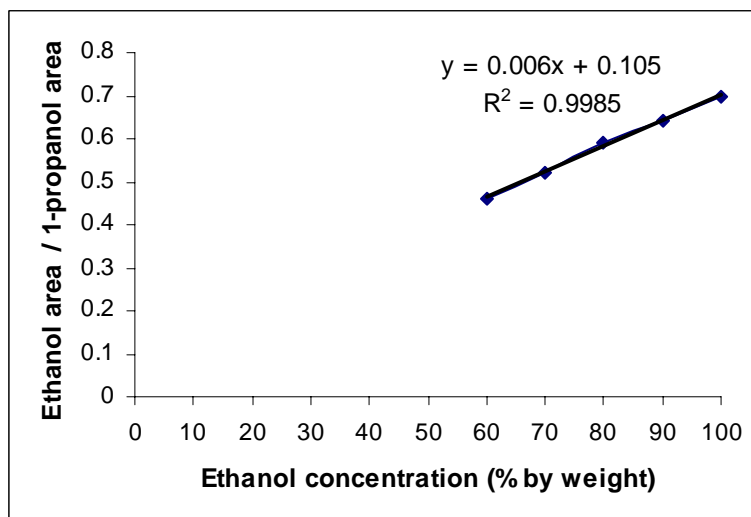
ภาพประกอบ ข.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟเอทานอลต่อพื้นที่ใต้กราฟ
1-โพรพานอลที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 10-99.9
โดยน้ำหนัก



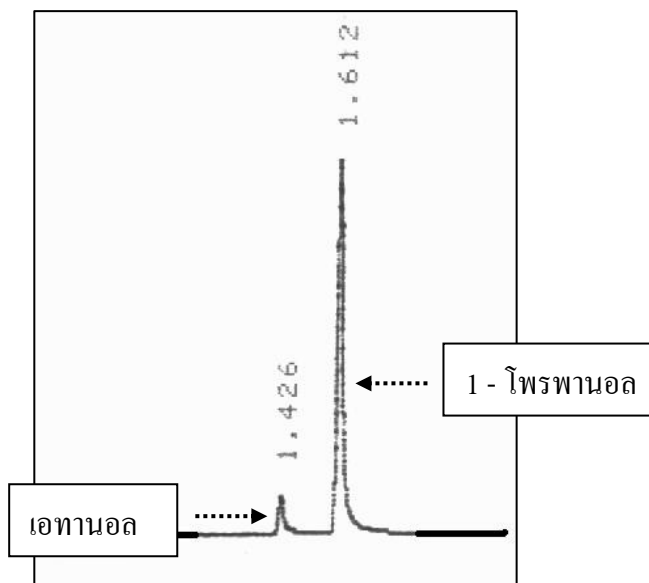
ภาพประกอบ ข.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟเอทานอลต่อพื้นที่ใต้กราฟ
1-โพรพานอลที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 10-40
โดยน้ำหนัก



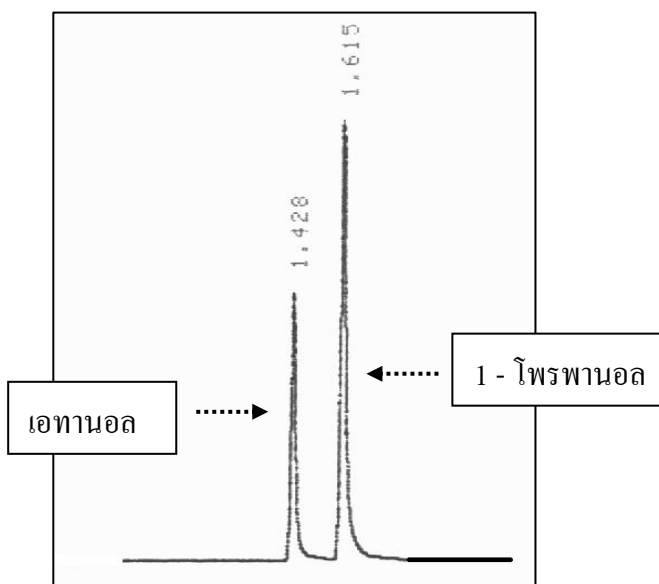
ภาพประกอบ ข.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟเอทานอลต่อพื้นที่ใต้กราฟ 1-โพรพานอลที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลล้อยละ 40-60 โดยน้ำหนัก



ภาพประกอบ ข.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟเอทานอลต่อพื้นที่ใต้กราฟ 1-โพรพานอลที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลล้อยละ 60-99.9 โดยน้ำหนัก



ภาพประกอบ ข.5 ตัวอย่างพื้นที่ใต้กราฟเอทานอลและพื้นที่ใต้กราฟ 1-โพรพานอลที่ความเข้มข้นสารละลายเอทานอลร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก จากการวิเคราะห์ด้วย GC

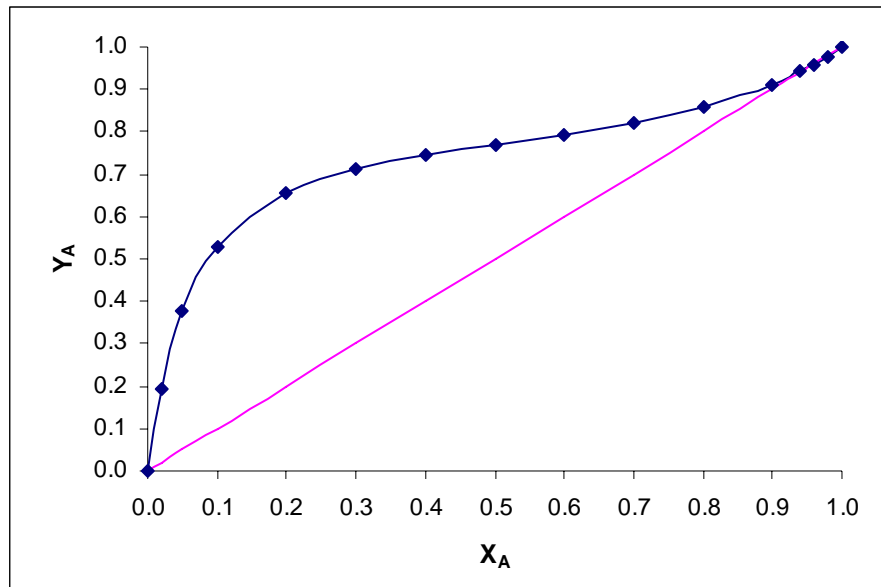


ภาพประกอบ ข.6 ตัวอย่างพื้นที่ใต้กราฟเอทานอลและพื้นที่ใต้กราฟ 1-โพรพานอลที่ความเข้มข้นสารละลายเอทานอลร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก จากการวิเคราะห์ด้วย GC

ตาราง ข. 2 สัดส่วนเชิงมวลของสารละลายเอทานอลในรูปของเหลว – ไอที่อุณหภูมิต่างๆ

Temperature (°C)	Vapor-Liquid Equilibrium, Mass Fraction Ethanol	
	x_A	y_A
100.0	0.000	0.000
98.1	0.020	0.192
95.2	0.050	0.377
91.8	0.100	0.527
87.3	0.200	0.656
84.7	0.300	0.713
83.2	0.400	0.746
82.0	0.500	0.771
81.0	0.600	0.794
80.1	0.700	0.822
79.1	0.800	0.858
78.3	0.900	0.912
78.2	0.940	0.942
78.1	0.960	0.959
78.2	0.980	0.978
78.1	1.000	1.000

ที่มา : Cristie John Geankoplis (2003)



ภาพประกอบ ข.7 สัดส่วนเชิงมวลของสารละลายเอทานอลในรูปของเหลว – ไอที่อุณหภูมิต่างๆ

สมการแสดงการคำนวณสัดส่วนเชิงมวลของสารละลายเอทานอลในรูปไอที่สัดส่วนเชิงมวลของสารละลายเอทานอลในรูปของเหลว

$$\begin{aligned} \text{ร้อยละของไอ} = & -94.76 x^8 + 450.93 x^7 - 901.18 x^6 + 985.80 x^5 - 64.99 x^4 + 259.99 x^3 - 64.51 x^2 \\ & + 9.72x \end{aligned}$$

เมื่อ x คือ สัดส่วนเชิงมวลของสารละลายเอทานอลในรูปของเหลว

สมการแสดงการคำนวณอุณหภูมิของสารละลายเอทานอลในรูปไอที่สัดส่วนเชิงมวลของสารละลายเอทานอลในรูปของเหลว

$$\begin{aligned} \text{อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)} = & 60.53 (\text{ร้อยละของของเหลว})^4 - 163.16 (\text{ร้อยละของของเหลว})^3 + \\ & 163.96 (\text{ร้อยละของของเหลว})^2 - 83.44 (\text{ร้อยละของของเหลว}) + 100 \end{aligned}$$

ที่มา : <http://www.homedistiller.org/calc.htm> (Accessed:12/10/2006).

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการทดลอง

ในการทดลองได้มีการนำเมมเบรนที่ผลิตโดยบริษัท Sulzer Chemtech มา 2 ชนิด คือ เมมเบรนเชิงประกอบชนิดพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 2211 ซึ่งมีข้อมูลผลการทดลองประกอบด้วย ตาราง ค.1– ตาราง ค.21 และ เมมเบรนเชิงประกอบชนิดพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 2216 ซึ่งมีข้อมูลผลการทดลองประกอบด้วยตาราง ค.22– ตาราง ค.42

ผลการทดลองเมมเบรนเชิงประกอบชนิดพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 2211

ตาราง ค.1 น้ำหนักเมมเบรนที่เวลาต่างๆ

Time (min)	Weight of membrane (g)			
	Search time 1	Search time 2	Search time 3	Average
0	2.3113	2.3352	2.3169	2.3211
10	3.5021	3.5193	3.5083	3.5099
20	3.5174	3.5665	3.5731	3.5523
30	3.6559	3.6319	3.6436	3.6438
40	3.6732	3.6822	3.6875	3.6810
50	3.7152	3.7111	3.7134	3.7132
60	3.7209	3.7206	3.7173	3.7196
70	3.7187	3.7201	3.7164	3.7184
80	3.7205	3.7158	3.7221	3.7195
90	3.7195	3.7223	3.7107	3.7175

ตาราง ค. 2 ความเข้มข้นน้ำในสารป้อนและความเข้มข้นน้ำในเพอมีเอทเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 6 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Time (h)	Water concentration in feed (% by weight)			Water concentration in permeate (% by weight)		
	Search time 1	Search time 2	Average	Search time 1	Search time 2	Average
1	5.56	6.91	6.24	84.00	85.91	84.96
2	5.56	6.91	6.24	82.45	80.76	81.61
3	5.56	6.91	6.24	87.07	84.77	85.92
4	5.56	6.91	6.24	89.61	73.08	81.35

ตาราง ค. 3 ความเข้มข้นน้ำในสารป้อนและความเข้มข้นน้ำในเพอมีเอทเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 20 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Time (h)	Water concentration in feed (% by weight)			Water concentration in permeate (% by weight)		
	Search time 1	Search time 2	Average	Search time 1	Search time 2	Average
1	23.92	18.74	21.33	97.40	83.77	90.59
2	23.92	18.74	21.33	92.48	85.55	89.02
3	23.92	18.74	21.33	82.90	82.77	82.84
4	23.92	18.74	21.33	85.65	79.60	82.63

ตาราง ค. 4 ความเข้มข้นน้ำในสารป้อนและความเข้มข้นน้ำในเพอมีเอทเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 30 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Time (h)	Water concentration in feed (% by weight)			Water concentration in permeate (% by weight)		
	Search time 1	Search time 2	Average	Search time 1	Search time 2	Average
1	27.20	31.38	29.29	71.55	71.54	71.55
2	27.20	31.38	29.29	72.78	69.13	70.96
3	27.20	31.38	29.29	64.13	61.39	62.76
4	27.20	31.38	29.29	67.49	66.56	67.03

ตาราง ค. 5 ความเข้มข้นน้ำในสารป้อนและความเข้มข้นน้ำในเพอมีเอทเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 40 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Time (h)	Water concentration in feed (% by weight)			Water concentration in permeate (% by weight)		
	Search time 1	Search time 2	Average	Search time 1	Search time 2	Average
1	35.37	40.56	37.97	65.25	57.89	61.57
2	35.37	40.56	37.97	53.69	54.74	54.22
3	35.37	40.56	37.97	43.81	51.80	47.81
4	35.37	40.56	37.97	46.19	56.06	51.13

ตาราง ก. 6 ความเข้มข้นเอทานอลในสารป้อนและความเข้มข้นเอทานอลในเพอมีเอทเมื่อความเข้มข้นเอทานอลในสารป้อนร้อยละ 60 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Time (h)	Ethanol concentration in feed (% by weight)			Ethanol concentration in permeate (% by weight)		
	Search time 1	Search time 2	Average	Search time 1	Search time 2	Average
1	64.63	59.44	62.04	34.75	42.11	38.43
2	64.63	59.44	62.04	46.31	45.26	45.79
3	64.63	59.44	62.04	56.19	48.2	52.20
4	64.63	59.44	62.04	53.81	43.94	48.88

ตาราง ก. 7 ความเข้มข้นเอทานอลในสารป้อนและความเข้มข้นเอทานอลในเพอมีเอทเมื่อความเข้มข้นเอทานอลในสารป้อนร้อยละ 70 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Time (h)	Ethanol concentration in feed (% by weight)			Ethanol concentration in permeate (% by weight)		
	Search time 1	Search time 2	Average	Search time 1	Search time 2	Average
1	72.8	68.62	70.71	28.45	28.46	28.46
2	72.8	68.62	70.71	27.22	30.87	29.05
3	72.8	68.62	70.71	35.87	38.61	37.24
4	72.8	68.62	70.71	32.51	33.44	32.98

ตาราง ค. 8 ความเข้มข้นเอทานอลในสารป้อนและความเข้มข้นเอทานอลในเพอมีเอทเมื่อความเข้มข้นเอทานอลในสารป้อนร้อยละ 80 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Time (h)	Ethanol concentration in feed (% by weight)			Ethanol concentration in permeate (% by weight)		
	Search time 1	Search time 2	Average	Search time 1	Search time 2	Average
1	76.08	81.26	78.67	2.6	16.23	9.42
2	76.08	81.26	78.67	7.52	14.45	10.99
3	76.08	81.26	78.67	17.1	17.23	17.17
4	76.08	81.26	78.67	14.35	20.4	17.38

ตาราง ค. 9 ความเข้มข้นเอทานอลในสารป้อนและความเข้มข้นเอทานอลในเพอมีเอทเมื่อความเข้มข้นเอทานอลในสารป้อนร้อยละ 94 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Time (h)	Ethanol concentration in feed (% by weight)			Ethanol concentration in permeate (% by weight)		
	Search time 1	Search time 2	Average	Search time 1	Search time 2	Average
1	94.44	93.09	93.77	16	14.09	15.05
2	94.44	93.09	93.77	17.55	19.24	18.40
3	94.44	93.09	93.77	12.93	15.23	14.08
4	94.44	93.09	93.77	10.39	26.92	18.66

ตาราง ค. 10 เพอมีเอทฟลักซ์เมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 6 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temp (°C)	Time (h)	Weight of permeate (g)		Permeate flux (kg/m ² hr)		
		Search time 1	Search time 2	Search time 1	Search time 2	Average
77.8	1	4.51	1.36	0.2243	0.0676	0.1460
77.8	2	4.60	1.35	0.2288	0.0671	0.1480
77.8	3	3.79	1.44	0.1885	0.0716	0.1301
77.8	4	4.07	1.53	0.2024	0.0761	0.1393

ตาราง ก. 11 เพอมิเอทฟลักซ์เมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 20 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temp (°C)	Time (h)	Weight of permeate (g)		Permeate flux (kg/m ² hr)		
		Search time 1	Search time 2	Search time 1	Search time 2	Average
78.8	1	4.50	1.79	0.2238	0.0890	0.1564
78.8	2	5.13	1.52	0.2551	0.0756	0.1654
78.8	3	5.35	1.50	0.2661	0.0746	0.1704
78.8	4	5.95	1.72	0.2959	0.0855	0.1907

ตาราง ก. 12 เพอมิเอทฟลักซ์เมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 30 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temp (°C)	Time (h)	Weight of permeate (g)		Permeate flux (kg/m ² hr)		
		Search time 1	Search time 2	Search time 1	Search time 2	Average
79.6	1	5.88	3.00	0.2925	0.1492	0.2209
79.6	2	4.73	2.41	0.2353	0.1199	0.1776
79.6	3	5.20	3.30	0.2586	0.1641	0.2114
79.6	4	4.05	2.53	0.2014	0.1258	0.1636

ตาราง ก. 13 เพอมิเอทฟลักซ์เมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 40 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temp (°C)	Time (h)	Weight of permeate (g)		Permeate flux (kg/m ² hr)		
		Search time 1	Search time 2	Search time 1	Search time 2	Average
79.8	1	4.40	3.71	0.2188	0.1845	0.2017
79.8	2	4.62	3.36	0.2298	0.1671	0.1985
79.8	3	6.32	3.80	0.3143	0.1890	0.2517
79.8	4	6.51	3.04	0.3238	0.1512	0.2375

ตาราง ก. 14 ฟลักซ์เอทานอล ฟลักซ์น้ำ เพอมิเทฟลักซ์รวมเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อน ร้อยละ 6 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temperature (°C)	Time (h)	flux (kg/m ² hr)		
		Ethanol flux	Water flux	Total permeate flux
77.8	1	0.0220	0.1240	0.146
77.8	2	0.0272	0.1207	0.148
77.8	3	0.0183	0.1117	0.1301
77.8	4	0.0260	0.1133	0.1393

ตาราง ก. 15 ฟลักซ์เอทานอล ฟลักซ์น้ำ เพอมิเทฟลักซ์รวมเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อน ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temperature (°C)	Time (h)	flux (kg/m ² hr)		
		Ethanol flux	Water flux	Total permeate flux
78.8	1	0.0147	0.1417	0.1564
77.8	2	0.0182	0.1472	0.1654
77.8	3	0.0292	0.1411	0.1704
77.8	4	0.0331	0.1576	0.1907

ตาราง ก. 16 ฟลักซ์เอทานอล ฟลักซ์น้ำ เพอมิเทฟลักซ์รวมเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อน ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temperature (°C)	Time (h)	flux (kg/m ² hr)		
		Ethanol flux	Water flux	Total permeate flux
79.6	1	0.0628	0.1580	0.2209
79.6	2	0.0516	0.1260	0.1776
79.6	3	0.0787	0.1326	0.2114
79.6	4	0.0539	0.1097	0.1636

ตาราง ค. 17 ฟลักซ์เอทานอล ฟลักซ์น้ำ เพอมิเอทฟลักซ์รวมเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อน ร้อยละ 40 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temperature (°C)	Time (h)	flux (kg/m ² hr)		
		Ethanol flux	Water flux	Total permeate flux
79.8	1	0.0775	0.1242	0.2017
79.8	2	0.0909	0.1076	0.1985
79.8	3	0.1313	0.1203	0.2517
79.8	4	0.1161	0.1214	0.2375

ตาราง ค. 18 ค่าการแยกเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 6 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temperature (°C)	Time (h)	Separation factor		
		Search time 1	Search time 2	Average
77.8	1	89.17	82.14	85.66
77.8	2	79.80	56.55	68.18
77.8	3	114.38	84.77	99.58
77.8	4	146.49	73.08	109.79

ตาราง ค. 19 ค่าการแยกเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 20 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temperature (°C)	Time (h)	Separation factor		
		Search time 1	Search time 2	Average
78.8	1	119.15	22.38	70.77
78.8	2	39.11	25.67	32.39
78.8	3	15.42	20.83	18.13
78.8	4	18.98	16.92	17.95

ตาราง ค. 20 ค่าการแยกเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 30 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temperature (°C)	Time (h)	Separation factor		
		Search time 1	Search time 2	Average
79.6	1	6.73	5.50	6.12
79.6	2	7.16	4.90	6.03
79.6	3	4.79	3.48	4.14
79.6	4	5.56	4.35	4.96

ตาราง ค. 21 ค่าการแยกเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 40 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temperature (°C)	Time (h)	Separation factor		
		Search time 1	Search time 2	Average
79.8	1	3.43	2.01	2.72
79.8	2	2.12	1.77	1.95
79.8	3	1.42	1.57	1.50
79.8	4	1.57	1.87	1.72

ผลการทดลองเมมเบรนเชิงประกอบชนิดพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 2216

ตาราง ค.22 น้ำหนักเมมเบรนที่เวลาต่างๆ

Time (min)	Weight of membrane (g)			
	Search time 1	Search time 2	Search time 3	Average
0	2.1613	2.1739	2.2053	2.1802
10	3.1643	3.1312	3.2294	3.1750
20	3.3190	3.2856	3.3356	3.3134
30	3.6686	3.6544	3.6677	3.6636
40	3.6701	3.6654	3.6622	3.6659
50	3.6670	3.6617	3.6530	3.6606
60	3.6664	3.6632	3.6711	3.6669

ตาราง ค. 23 ความเข้มข้นน้ำในสารป้อนและความเข้มข้นน้ำในเพอมีเอทเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 6 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Time (h)	Water concentration in feed (% by weight)			Water concentration in permeate (% by weight)		
	Search time 1	Search time 2	Average	Search time 1	Search time 2	Average
1	7.70	6.70	7.20	99.63	99.92	99.78
2	7.70	6.70	7.20	99.69	99.67	99.68
3	7.70	6.70	7.20	99.68	99.33	99.51
4	7.70	6.70	7.20	99.48	99.55	99.52

ตาราง ค. 24 ความเข้มข้นน้ำในสารป้อนและความเข้มข้นน้ำในเพอมีเอทเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 20 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Time (h)	Water concentration in feed (% by weight)			Water concentration in permeate (% by weight)		
	Search time 1	Search time 2	Average	Search time 1	Search time 2	Average
1	22.20	20.18	21.19	99.88	99.51	99.70
2	22.20	20.18	21.19	99.75	98.30	99.03
3	22.20	20.18	21.19	99.78	98.38	99.08
4	22.20	20.18	21.19	99.67	98.76	99.22

ตาราง ค. 25 ความเข้มข้นน้ำในสารป้อนและความเข้มข้นน้ำในเพอมีเอทเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 30 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Time (h)	Water concentration in feed (% by weight)			Water concentration in permeate (% by weight)		
	Search time 1	Search time 2	Average	Search time 1	Search time 2	Average
1	31.90	31.35	31.63	98.46	99.37	98.92
2	31.90	31.35	31.63	98.41	98.35	98.38
3	31.90	31.35	31.63	98.55	98.26	98.41
4	31.90	31.35	31.63	98.80	98.34	98.57

ตาราง ค. 26 ความเข้มข้นน้ำในสารป้อนและความเข้มข้นน้ำในเพอมีเอทเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 40 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Time (h)	Water concentration in feed (% by weight)			Water concentration in permeate (% by weight)		
	Search time 1	Search time 2	Average	Search time 1	Search time 2	Average
1	40.50	37.91	39.21	98.89	98.21	98.55
2	40.50	37.91	39.21	96.94	97.95	97.45
3	40.50	37.91	39.21	98.49	97.22	97.86
4	40.50	37.91	39.21	98.54	95.88	97.21

ตาราง ค. 27 ความเข้มข้นเอทานอลในสารป้อนและความเข้มข้นเอทานอลในเพอมีเอทเมื่อความเข้มข้นเอทานอลในสารป้อนร้อยละ 60 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Time (h)	Ethanol concentration in feed (% by weight)			Ethanol concentration in permeate (% by weight)		
	Search time 1	Search time 2	Average	Search time 1	Search time 2	Average
1	59.50	62.09	60.80	1.11	1.79	1.45
2	59.50	62.09	60.80	3.06	2.05	2.56
3	59.50	62.09	60.80	1.51	2.78	2.15
4	59.50	62.09	60.80	1.46	4.12	2.79

ตาราง ค. 28 ความเข้มข้นเอทานอลในสารป้อนและความเข้มข้นเอทานอลในเพอมีเอทเมื่อความเข้มข้นเอทานอลในสารป้อนร้อยละ 70 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Time (h)	Ethanol concentration in feed (% by weight)			Ethanol concentration in permeate (% by weight)		
	Search time 1	Search time 2	Average	Search time 1	Search time 2	Average
1	68.10	68.65	68.38	1.54	0.63	1.09
2	68.10	68.65	68.38	1.59	1.65	1.62
3	68.10	68.65	68.38	1.45	1.74	1.60
4	68.10	68.65	68.38	1.20	1.66	1.43

ตาราง ค. 29 ความเข้มข้นเอทานอลในสารป้อนและความเข้มข้นเอทานอลในเพอมีเอทเมื่อความเข้มข้นเอทานอลในสารป้อนร้อยละ 80 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Time (h)	Ethanol concentration in feed (% by weight)			Ethanol concentration in permeate (% by weight)		
	Search time 1	Search time 2	Average	Search time 1	Search time 2	Average
1	77.80	79.82	78.81	0.12	0.49	0.31
2	77.80	79.82	78.81	0.25	1.7	0.98
3	77.80	79.82	78.81	0.22	1.62	0.92
4	77.80	79.82	78.81	0.33	1.24	0.79

ตาราง ค. 30 ความเข้มข้นเอทานอลในสารป้อนและความเข้มข้นเอทานอลในเพอมีเอทเมื่อความเข้มข้นเอทานอลในสารป้อนร้อยละ 94 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Time (h)	Ethanol concentration in feed (% by weight)			Ethanol concentration in permeate (% by weight)		
	Search time 1	Search time 2	Average	Search time 1	Search time 2	Average
1	92.30	93.30	92.80	0.37	0.083	0.23
2	92.30	93.30	92.80	0.31	0.33	0.32
3	92.30	93.30	92.80	0.32	0.67	0.50
4	92.30	93.30	92.80	0.52	0.45	0.49

ตาราง ค. 31 เพอมีเอทฟลักซ์เมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 6 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temp (°C)	Time (h)	Weight of permeate (g)		Permeate flux (kg/m ² hr)		
		Search time 1	Search time 2	Search time 1	Search time 2	Average
77.8	1	1.12	1.39	0.0557	0.0691	0.0624
77.8	2	0.38	0.55	0.0189	0.0274	0.0232
77.8	3	0.33	0.38	0.0164	0.0189	0.0177
77.8	4	0.37	0.46	0.0184	0.0229	0.0207

ตาราง ก. 32 เพอมิเอทฟลักซ์เมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 20 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temp (°C)	Time (h)	Weight of permeate (g)		Permeate flux (kg/m ² hr)		
		Search time 1	Search time 2	Search time 1	Search time 2	Average
78.8	1	1.28	1.35	0.0637	0.0671	0.0654
78.8	2	0.48	0.55	0.0239	0.0274	0.0257
78.8	3	0.40	0.44	0.0199	0.0219	0.0209
78.8	4	0.48	0.54	0.0239	0.0269	0.0254

ตาราง ก. 33 เพอมิเอทฟลักซ์เมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 30 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temp (°C)	Time (h)	Weight of permeate (g)		Permeate flux (kg/m ² hr)		
		Search time 1	Search time 2	Search time 1	Search time 2	Average
79.6	1	1.24	1.42	0.0617	0.0706	0.0662
79.6	2	0.52	0.95	0.0259	0.0472	0.0366
79.6	3	0.43	0.78	0.0214	0.0388	0.0301
79.6	4	0.64	0.98	0.0318	0.0487	0.0403

ตาราง ก. 34 เพอมิเอทฟลักซ์เมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 40 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temp (°C)	Time (h)	Weight of permeate (g)		Permeate flux (kg/m ² hr)		
		Search time 1	Search time 2	Search time 1	Search time 2	Average
79.8	1	1.40	1.51	0.0696	0.0751	0.0724
79.8	2	0.98	1.07	0.0487	0.0532	0.0510
79.8	3	0.88	1.13	0.0438	0.0562	0.0500
79.8	4	1.11	1.03	0.0552	0.0512	0.0532

ตาราง ค. 35 ฟลักซ์เอทานอล ฟลักซ์น้ำ เพอมิเอทฟลักซ์รวมเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อน ร้อยละ 6 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Time (h)	flux ($\text{kg}/\text{m}^2 \text{ hr}$)		
		Ethanol flux	Water flux	Total permeate flux
77.8	1	0.0001	0.0623	0.0624
77.8	2	0.0001	0.0231	0.0232
77.8	3	0.0001	0.1760	0.0177
77.8	4	0.0001	0.0205	0.0207

ตาราง ค. 36 ฟลักซ์เอทานอล ฟลักซ์น้ำ เพอมิเอทฟลักซ์รวมเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อน ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Time (h)	flux ($\text{kg}/\text{m}^2 \text{ hr}$)		
		Ethanol flux	Water flux	Total permeate flux
78.8	1	0.0002	0.0652	0.0654
78.8	2	0.0003	0.0254	0.0257
78.8	3	0.0002	0.0207	0.0209
78.8	4	0.0002	0.0252	0.0254

ตาราง ค. 37 ฟลักซ์เอทานอล ฟลักซ์น้ำ เพอมิเอทฟลักซ์รวมเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อน ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Time (h)	flux ($\text{kg}/\text{m}^2 \text{ hr}$)		
		Ethanol flux	Water flux	Total permeate flux
79.6	1	0.0007	0.0654	0.0662
79.6	2	0.0006	0.0360	0.0366
79.6	3	0.0005	0.0296	0.0301
79.6	4	0.0006	0.0397	0.0403

ตาราง ก. 38 ฟลักซ์เอทานอล ฟลักซ์น้ำ เพอมิเทฟลักซ์รวมเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อน ร้อยละ 40 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temperature (°C)	Time (h)	flux (kg/m ² hr)		
		Ethanol flux	Water flux	Total permeate flux
79.8	1	0.0010	0.0713	0.0724
79.8	2	0.0013	0.0496	0.0510
79.8	3	0.0011	0.0489	0.5000
79.8	4	0.0015	0.0517	0.0532

ตาราง ก. 39 ค่าการแยกเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 6 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temperature (°C)	Time (h)	Separation factor		
		Search time 1	Search time 2	Average
77.8	1	3227.75	16763.63	9995.69
77.8	2	3854.79	4205.88	4030.34
77.8	3	3733.95	2604.49	3169.22
77.8	4	2293.21	2293.21	2293.21

ตาราง ก. 40 ค่าการแยกเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 20 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temperature (°C)	Time (h)	Separation factor		
		Search time 1	Search time 2	Average
78.8	1	1253.14	803.27	1028.21
78.8	2	540.34	228.72	384.53
78.8	3	475.92	240.21	358.07
78.8	4	440.83	315.03	377.93

ตาราง ค. 41 ค่าการแยกเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 30 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temperature (°C)	Time (h)	Separation factor		
		Search time 1	Search time 2	Average
79.6	1	136.49	345.40	240.95
79.6	2	132.13	130.52	131.33
79.6	3	145.09	123.66	134.38
79.6	4	175.76	129.73	152.75

ตาราง ค. 42 ค่าการแยกเมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 40 โดยน้ำหนักที่เวลาต่างๆ

Temperature (°C)	Time (h)	Separation factor		
		Search time 1	Search time 2	Average
79.8	1	130.89	89.86	110.37
79.8	2	46.54	78.26	62.40
79.8	3	95.82	57.28	76.55
79.8	4	99.16	38.12	68.64

ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณเพอเมอเทฟลักซ์ ($\text{kg/m}^2 \text{ hr}$)

ตัวอย่างการคำนวณเพอเมอเทฟลักซ์เมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก เวลาในการทดลองชั่วโมงที่ 1 ครั้งที่ 1 (ข้อมูลจากตาราง ค. 31)

Temp ($^{\circ}\text{C}$)	Time (h)	Weight of permeate (g)		Permeate flux ($\text{kg/m}^2 \text{ hr}$)		
		Search time 1	Search time 2	Search time 1	Search time 2	Average
77.8	1	1.12	1.39	0.0557	0.0691	0.0624
77.8	2	0.38	0.55	0.0189	0.0274	0.0232
77.8	3	0.33	0.38	0.0164	0.0189	0.0177
77.8	4	0.37	0.46	0.0184	0.0229	0.0207

$$\begin{aligned}
 \text{Permeate flux} &= \frac{\text{Mass (kg)}}{\text{Area (m}^2) \times \text{Time (hr)}} \\
 &= \frac{1.12 \times 10^{-3}}{0.020106 \times 1} \\
 &= 0.0577 \text{ kg/m}^2 \text{ hr}
 \end{aligned}$$

เมื่อกำหนดให้ Mass = น้ำหนักสารละลายเอทานอลด้านเพอเมอเทท (kg)

Area = พื้นที่ของเมมเบรนที่ใช้ในการกรอง (m^2)

(เมมเบรนที่ใช้ในการทดลองมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 16 cm)

Time = เวลาที่ใช้ในการทดลอง (h)

การคำนวณค่าการแยก

ตัวอย่างการคำนวณค่าการแยก ครั้งที่ 1 เมื่อความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก เวลาในการทดลองชั่วโมงที่ 3 ครั้งที่ 1 (ข้อมูลจากตาราง ค. 25, ค.28 และ ค.41)

Time (h)	Water concentration in feed (% by weight)			Water concentration in permeate (% by weight)		
	Search time 1	Search time 2	Average	Search time 1	Search time 2	Average
3	31.90	31.35	31.63	98.55	98.26	98.41
Time (h)	Ethanol concentration in feed (% by weight)			Ethanol concentration in permeate (% by weight)		
	Search time 1	Search time 2	Average	Search time 1	Search time 2	Average
3	68.10	68.65	68.38	1.45	1.74	1.60

Temperature (°C)	Time (h)	Separation factor		
		Search time 1	Search time 2	Average
79.6	3	145.09	123.66	134.38

$$\begin{aligned}
 \text{Separation factor} &= \frac{(Y_{\text{water}}/Y_{\text{ethanol}})_{\text{permeate}}}{(X_{\text{water}}/X_{\text{ethanol}})_{\text{feed}}} \\
 &= \frac{98.55/1.45}{31.90/68.10} \\
 &= 145.09
 \end{aligned}$$

เมื่อกำหนดให้ Y_{water} = ความเข้มข้นของน้ำในเพอมีเอท (% by weight)
 Y_{ethanol} = ความเข้มข้นของเอทานอลในเพอมีเอท (% by weight)
 X_{water} = ความเข้มข้นของน้ำในสารป้อน (% by weight)
 X_{ethanol} = ความเข้มข้นของเอทานอลในสารป้อน (% by weight)

การคำนวณพื้นที่เมมเบรนเพื่อทำให้เอทานอลมีความเข้มข้นร้อยละ 99.5 โดยน้ำหนัก สำหรับเมมเบรนเชิงประกอบชนิดพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 2211

ตัวอย่างการคำนวณเพอมีเอทฟลักซ์ของความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก (ข้อมูลจากตาราง ค.9 และ ค.10 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณเป็นข้อมูลเฉลี่ยจากชั่วโมงที่ 1-4)

- คำนวณความเข้มข้นของเอทานอลด้านรีเทนเทท (x)

คุณมวลเอทานอล ;

$$\begin{aligned} \text{เอทานอลด้านสารป้อน} &= \text{เอทานอลด้านเพอมีเอท} + \text{เอทานอลด้านรีเทนเทท} \\ 1,000(\text{กรัม}) \cdot 0.94 &= 2.83(\text{กรัม}) \cdot 0.1654 + 997.17(\text{กรัม}) \cdot x \\ x &= 0.9422 \end{aligned}$$

ความเข้มข้นของเอทานอลด้านรีเทนเทท (x) เท่ากับร้อยละ 94.22 โดยน้ำหนัก

- คำนวณน้ำหนักด้านเพอมีเอท (y) เพื่อทำให้เอทานอลมีความเข้มข้นร้อยละ 99.5 โดยน้ำหนักในรีเทนเทท

คุณมวลเอทานอล ;

$$\begin{aligned} \text{เอทานอลด้านสารป้อน} &= \text{เอทานอลด้านเพอมีเอท} + \text{เอทานอลด้านรีเทนเทท} \\ 1,000(\text{กรัม}) \cdot 0.94 &= y(\text{กรัม}) \cdot 0.1654 + (1,000-y)(\text{กรัม}) \cdot 0.9950 \\ y &= 66.30 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

น้ำหนักด้านเพอมีเอท (y) เท่ากับ 66.30 กรัม

- คำนวณหาพื้นที่เมมเบรน (A)

$$\text{Permeate flux} = \frac{\text{Mass (kg)}}{\text{Area (m}^2\text{)} \times \text{Time (hr)}}$$

$$0.1391 = 66.30 \cdot 10^{-3} / A \cdot 1$$

$$A = 0.48 \text{ m}^2$$

พื้นที่เมมเบรนที่ต้องใช้สำหรับการแยก (A) คือ 0.48 ตารางเมตร สำหรับการกำจัดการผลิตด้วยสารป้อน 1,000 กรัมต่อชั่วโมง ซึ่งทำให้เอทานอลมีความเข้มข้นร้อยละ 99.5 โดยน้ำหนักในรีเทนเทท 933.70 กรัมต่อชั่วโมง

การคำนวณพื้นที่เมมเบรนเพื่อทำให้เอทานอลมีความเข้มข้นร้อยละ 99.5 โดยน้ำหนักสำหรับ
เมมเบรนเชิงประกอบชนิดพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 2216

ตัวอย่างการคำนวณเพอมีเอทฟลักซ์ของความเข้มข้นน้ำในสารป้อนร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก (ข้อมูล
จากตาราง ค.30 และ ค.31 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณเป็นข้อมูลเฉลี่ยจากชั่วโมงที่ 1-4)

- คำนวณความเข้มข้นของเอทานอลด้านรีเทนเทท (x)

คุณมวลเอทานอล ;

$$\begin{aligned} \text{เอทานอลด้านสารป้อน} &= \text{เอทานอลด้านเพอมีเอท} + \text{เอทานอลด้านรีเทนเทท} \\ 1,000(\text{กรัม}) \cdot 0.94 &= 0.6225(\text{กรัม}) \cdot 0.0038 + 999.3775(\text{กรัม}) \cdot x \\ x &= 0.9406 \end{aligned}$$

ความเข้มข้นของเอทานอลด้านรีเทนเทท (x) เท่ากับร้อยละ 94.06 โดยน้ำหนัก

- คำนวณน้ำหนักด้านเพอมีเอท (y) เพื่อทำให้เอทานอลมีความเข้มข้นร้อยละ 99.5 โดยน้ำหนัก
ในด้านรีเทนเทท

คุณมวลเอทานอล ;

$$\begin{aligned} \text{เอทานอลด้านสารป้อน} &= \text{เอทานอลด้านเพอมีเอท} + \text{เอทานอลด้านรีเทนเทท} \\ 1,000(\text{กรัม}) \cdot 0.94 &= y(\text{กรัม}) \cdot 0.0038 + (1,000-y)(\text{กรัม}) \cdot 0.9950 \\ y &= 55.49 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

น้ำหนักด้านเพอมีเอท (y) เท่ากับ 55.49 กรัม

- คำนวณหาพื้นที่เมมเบรน (A)

$$\text{Permeate flux} = \frac{\text{Mass (kg)}}{\text{Area (m}^2\text{)} \times \text{Time (hr)}}$$

$$0.0205 = 55.49 \cdot 10^{-3} / A \cdot 1$$

$$A = 2.71 \text{ m}^2$$

พื้นที่เมมเบรนที่ต้องใช้สำหรับการแยก (A) คือ 2.71 ตารางเมตร สำหรับกำลังการผลิตด้วยสารป้อน
1,000 กรัมต่อชั่วโมง ซึ่งทำให้เอทานอลมีความเข้มข้นร้อยละ 99.5 โดยน้ำหนักในด้านรีเทนเทท
944.51 กรัมต่อชั่วโมง