บทที่ 6

สรุปและวิจารณ์

6.1 สรุป

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาศักย์ไฟฟ้าของแผ่นเยื่อเชิงเทอร์มอลคร่อมแผ่นเยื่อแลกเปลี่ยนไอออนบวก ในสารละลายเกลือคลอไรด์ ซึ่งศักย์ไฟฟ้าของแผ่นเยื่อเชิงเทอร์มอลนี้เกิดขึ้นเนื่องจาก ความแตกต่างอุณหภูมิของสารละลาย ทั้งสองข้างของแผ่นเยื่อแลกเปลี่ยนไอออน โดยทฤษฎีที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์นี้ได้คือ ทฤษฎีอุณหพลศาสตร์แบบผันกลับไม่ได้ ในการวัดศักย์ไฟฟ้าของแผ่นเยื่อเชิงเทอร์มอลคร่อมแผ่นเยื่อแลกเปลี่ยนไอออนนี้ ใช้ขั้วไฟฟ้าเงิน-เงินคลอไรด์ (Ag/AgCl) ซึ่งเป็นขั้วไฟฟ้าที่ผันกลับได้กับไอออนของคลอรีน (Cl^-) และเพื่อไม่ให้ขั้วไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามสารละลาย ได้ใช้สะพานไอออนชนิดที่ทำจากวุ้นและสารละลายโปรตัสเซียมคลอไรด์ นอกจากนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดรอยต่อของอุณหภูมิที่ผิวของแผ่นเยื่อ ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจาก ความหนาของแผ่นเยื่อ โดยการปั๊มให้สารละลายไหลวนอยู่ตลอดช่วงการวัด สารละลายที่ใช้ในการวิจัยนี้ ใช้สารละลาย 1-1 อิเล็กโทรไลต์ 3 ชนิดคือ ลิเธียมคลอไรด์ โซเดียมคลอไรด์ และโปรตัสเซียมคลอไรด์ และสารละลาย 2-1 อิเล็กโทรไลต์ 2 ชนิด คือ แมกเนเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.05, 0.01, 0.005, 0.001 โมลต่อลิตร ในการเก็บข้อมูลขั้นแรกใช้การเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องบันทึกกราฟ แต่มีความไม่สะดวกหลายประการดังได้กล่าวแล้ว จึงได้นำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการเก็บข้อมูล ซึ่งต้องทำการสร้างเครื่องแปลงสัญญาณเชิงอุปมาน ให้เป็นเชิงตัวเลข เพื่อจะได้ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ เครื่องควบคุมการเก็บข้อมูล จะทำงานโดยใช้ชุดคำสั่งที่เขียนขึ้น

โดยที่ผู้วัดสามารถเลือกช่วงการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าได้ 5 ช่วง คือ ±0.1, ±1.0, ±10, ±100และ ±1000 มิลลิโวลต์ และเลือกช่วงการวัดความแตกต่างอุณหภูมิ ได้ 3 ช่วงคือ ±10, ±15 และ ±20 องศาเซลเซียส และสามารถเลือกช่วงเวลาที่จะเก็บข้อมูล พร้อมทั้งสามารถเก็บข้อมูลลงในแผ่นบันทึกข้อมูล และสามารถนำมาวิเคราะห์ผลได้ทันทีที่ต้องการโดยไม่จำเป็นต้องพิมพ์ข้อมูลให้แก่เครื่องเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลอีกครั้ง

ผลการทดลองพบว่า ความต่างศักย์ไฟฟ้ามีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น กับความแตกต่างอุณหภูมิทั้งเกลือ 1-1 และ 2-1 อิเล็กโทรไลต์ อัตราส่วนของความต่างศักย์ไฟฟ้าและความแตกต่างอุณหภูมิ มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับค่าลอกการิธึมของค่าแอคติวิตี ผลการทดลองที่ได้จากการเก็บข้อมูลโดยใช้คอมพิวเตอร์ ได้ความสัมพันธ์ของความต่างศักย์-ไฟฟ้าเป็นแบบเชิงเส้นกับค่าความแตกต่างอุณหภูมิ ซึ่งสอดคล้องกับวิธีการวัดธรรมดา มีความสะดวกและรวดเร็วกว่า เหมาะสำหรับข้อมูลมีจำนวนมาก

ค่าความชันที่ได้จากการเขียนกราฟของ $\Delta\Psi/\Delta T$ กับ $\log a_{\pm}$ มีความคลาดเคลื่อนไปจากทฤษฎี ซึ่งเป็นผลเนื่องจากแผ่นเยื่อแลกเปลี่ยนไอออนบวกที่ใช้ในการทดลองไม่ได้เป็นแบบอุดมคติ คือไม่สามารถเลือกให้ไอออนบวกผ่านได้ 100 % . ได้ทำการวัดค่าทรานสปอร์ตนัมเบอร์ของไอออนบวก โดยวัดจากเซลล์ความเข้มข้น (concentration cell) ซึ่งมีการจัดเซลล์ดังนี้

$$\text{Ag / AgCl} \;\big|\; \text{solution (c1)} \;\big\|\; \text{CEM} \;\big\|\; \text{solution (c2)} \;\big|\; \text{AgCl / Ag}$$

ความเข้มข้น c2 มากกว่า c1 เป็นสองเท่า ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นทั้งสองมีค่าเท่ากับความเข้มข้นของแผ่นเยื่อแลกเปลี่ยนที่จะนำมาวัดค่าทรานสปอร์ตนัมเบอร์ ศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ (ΔE) นำมาคำนวณหาค่าทรานสปอร์ตนัมเบอร์ของไอออนบวก (t_+) ได้ดังสมการ

$$\Delta E = - 2.303\, t_+ (RT/nF) \log a_{\pm} \qquad \text{---(6.1.1)}$$

ซึ่งค่าทรานสปอร์ตนัมเบอร์นี้ขึ้นกับค่าความเข้มข้นของแผ่นเยื่อด้วย ดังแสดงในตารางที่ 6.1.1

ตารางที่ 6.1.1 แสดงค่าทรานสปอร์ตนัมเบอร์ของแผ่นเยื่อแลกเปลี่ยนไอออนบวกในสารละลาย 1-1 อิเล็กโทรไลต์

ชื่อสาร	ความเข้มข้น				
	0.1	0.05	0.01	0.005	0.001
LiCl	0.858	0.855	0.903	0.942	0.928
NaCl	0.861	0.887	0.933	0.955	0.939
KCl	0.868	0.896	0.937	0.924	0.963

จากค่าทรานสปอร์ตนัมเบอร์ที่ได้ในแต่ละความเข้มข้น นำมาแทนค่าในสมการ (2.5.39)

$$- \Delta F/\Delta T = 2.303 (2t_+ - 1) (R/F) \log a_{\pm}(2) + t_+\alpha_+ + t_-\alpha_-$$

จะได้ค่า $2.303 (2t_+ - 1)(R/F)$ ดังแสดงตัวอย่างของ สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ในตารางที่ 6.1.2 ซึ่งค่านี้เปลี่ยนตามความเข้มข้นหรือค่าแอคติวิตี ทำให้ความชันของกราฟที่เขียนระหว่าง $\Delta\Psi/\Delta T$ กับค่า $\log a_{\pm}$ คลาดเคลื่อนจากที่ทฤษฎีทำนายไว้

ตารางที่ 6.1.2 แสดงผลของทรานสปอร์ตนัมเบอร์ที่มีต่อค่าความชันของกราฟระหว่าง $\Delta\psi/\Delta T$ กับค่า log $a_{\pm}$ ของ NaCl

$a_{\pm}$	$\Delta\psi/\Delta T$	t_+	$2.303\ (2t_+ - 1)(R/F)$	Exp.slope
0.078	0.212	0.939	0.178	
0.041	0.273	0.955	0.193	
0.009	0.385	0.933	0.189	0.178
0.005	0.458	0.887	0.157	
0.001	0.545	0.861	0.146	

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 รูปแบบของเซลล์ที่ใช้ในการทดลอง

เซลล์แบบที่ใช้ในการทดลองนี้ มีการกวนสารละลาย โดยการปั๊มให้สารละลายไหลวนแล้วฉีดเข้าที่แผ่นเยื่อแลกเปลี่ยนไอออน ทำให้ช่วยลดรอยต่อของอุณหภูมิเนื่องจากความหนาของแผ่นเยื่อแลกเปลี่ยนไอออน ส่วนตัวเซลล์ที่ใช้กลึงจากเทฟลอนเพื่อสามารถทนอุณหภูมิสูงได้ ถ้าต้องการศึกษาศักย์ไฟฟ้าของแผ่นเยื่อเชิงเทอร์มอลที่อุณหภูมิสูง ๆ แต่ในการวิจัยนี้ทดลองในอุณหภูมิที่ไม่สูงนัก เนื่องจากแผ่นเยื่อแลกเปลี่ยนไอออนที่ใช้ทนความร้อนไม่สูง ซึ่งการใช้เทฟลอนมีข้อดีคือ ไม่ดูดกลืนสารเคมีต่างเอาไว้ แต่ก็มีข้อเสียคือ เทฟลอนเป็นวัสดุทึบแสง ทำให้เราไม่สามารถเห็นฟองอากาศที่เกิดขึ้นภายใน ซึ่งถ้าเป็นวัสดุอื่นที่ใส เราจะเห็นฟองอากาศที่เกิดขึ้นและสามารถไล่ฟองอากาศออกจากเซลล์ ในการทดลองนี้ท่อสารละลาย ใช้ท่อพลาสติก สะดวกในการเคลื่อนย้าย แต่มีผลต่อสัญญาณรบกวนเมื่อมีแรงดันน้ำผ่าน ถ้าจัดระบบให้ถาวรควรใช้ท่อแก้ว และควรมีระยะทางสั้นที่สุดเพื่อลดแรงความต้านทานที่เกิดขึ้นเนื่องจากสารละลาย

6.2.2 รูปแบบของขั้วไฟฟ้าเงิน-เงินคลอไรด์

ในการทดลองนี้ใช้ขั้วไฟฟ้าเงิน-เงินคลอไรด์ชนิดแบบผิว ซึ่งเหมาะในการศึกษาสตรีมมิงโปเทนเชียล ขั้วไฟฟ้าแบบผิวนี้เตรียมค่อนข้างยาก และมักมีปัญหาเรื่องฟองอากาศมาเกาะที่ผิว ทั้งยังทำความสะอาดยาก ในการศึกษาศักย์ไฟฟ้าของแผ่นเยื่อเชิงเทอร์มอลคร่อมแผ่นเยื่อแลกเปลี่ยนไอออนนี้ สามารถใช้ขั้วเงิน-เงินคลอไรด์ไฟฟ้าแบบเป็นเส้น ซึ่งเตรียมง่ายใช้สะดวก ไม่มีปัญหาเรื่องฟองอากาศ โดยการชุบทำแบบผิวที่กล่าวไว้ในบทที่ 3

6.2.3 การป้องกันสัญญาณรบกวน

ที่สารละลายมีความเข้มข้นต่ำ ๆ จะมีสัญญาณรบกวนมาก ดังนั้นถ้าจะศึกษาในความเข้มข้นต่ำ ๆ ควรมีการป้องกันสัญญาณรบกวน อาจป้องกันโดยใช้มุ้งลวดทำเป็นโครงแล้วนำตัวเซลล์ที่จะวัดไปไว้ข้างใน

6.2.5 การเก็บข้อมูล

ในการเก็บข้อมูลอย่างที่ทำในงานนี้เหมาะสม และสะดวกดี แต่ถ้าจะพัฒนาให้สะดวกยิ่งขึ้น ควรสร้างอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของปั๊มสารละลาย และเครื่องทำความร้อนแก่สารละลาย โดยทำงานตามชุดคำสั่งที่พัฒนาขึ้นใหม่