

ภาคผนวก ก

ผลการเพิ่มสมบัติการนำไอออนหรือโปรตอนของเมมเบรนแต่ละชนิด

จากสูตรการคำนวณค่าการนำไอออน

$$\sigma = \frac{I}{Z \times S}$$

เมื่อ σ คือ ค่าการนำไอออนหรือโปรตอน [mS/cm]

I คือ ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด [cm]

Z คือ ค่าความต้านทานไฟฟ้าระหว่างสองอิเล็กโทรด [$k\Omega$]

S คือ พื้นที่หน้าตัดของเมมเบรน [cm²]

ตัวอย่างการคำนวณค่าการนำไอออนของเมมเบรน CS-g-PVA

$$\sigma = \frac{2.5}{(105.74) \times (3 \times 0.0305)}$$

$$\sigma = 0.258 \text{ mS/cm}$$

ก.1 การคำนวณค่าการนำไอออนหรือโปรตอนของเมมเบรน Nafion®117, Chitosan, CS-g-PVA, CS-g-PVA+H₂SO₄

ตารางที่ ก.1

ผลการคำนวณค่าการนำไอออนหรือโปรตอนของเมมเบรน Nafion®117, Chitosan, CS-g-PVA และ CS-g-PVA+H₂SO₄

เมมเบรน		ระยะห่างของ อิเล็กโทรด [cm]	ความกว้าง ของเมมเบรน [cm]	ความหนา ของเมมเบรน [cm]	ความต้าน ทานเฉลี่ย [k Ω]	ค่าการนำ โปรตอน [mS/cm]
Nafion®117		2.5	3	0.0203	2.75	14.917
Chitosan		2.5	3	0.0322	116.08	0.223
CS-g-PVA		2.5	3	0.0305	105.74	0.258
CS-g-PVA	H ₂ SO ₄ 2%	2.5	3	0.0295	5.51	5.123
CS-g-PVA	H ₂ SO ₄ 4%	2.5	3	0.0299	3.73	7.472
CS-g-PVA	H ₂ SO ₄ 6%	2.5	3	0.0351	3.08	7.71
CS-g-PVA	H ₂ SO ₄ 8%	2.5	3	0.0365	3.71	6.154

ก.2 การคำนวณค่าการนำไอออนหรือโปรตอนของเมมเบรน CS-g-PVA+SDCB, CS-g-PVA+SDCB +H₂SO₄

ตารางที่ ก.2

ผลการคำนวณค่าการนำไอออนหรือโปรตอนของเมมเบรน CS-g-PVA+SDCB และ CS-g-PVA+SDCB+H₂SO₄

เมมเบรน		ระยะห่างของ อิเล็กโทรด [cm]	ความกว้าง ของเมมเบรน [cm]	ความหนา ของเมมเบรน [cm]	ความต้าน ทานเฉลี่ย [k Ω]	ค่าการนำ โปรตอน [mS/cm]
เมมเบรน CS-g-PVA+SDCB						
CS-g-PVA	SDCB 1%	2.5	3	0.0257	62.64	0.518
CS-g-PVA	SDCB 2%	2.5	3	0.0270	99.16	0.311
CS-g-PVA	SDCB 4%	2.5	3	0.0275	101.38	0.299
CS-g-PVA	SDCB 6%	2.5	3	0.0304	100.32	0.273
CS-g-PVA	SDCB 8%	2.5	3	0.0317	92.48	0.284

เมมเบรน		ระยะห่างของ อิเล็กโทรด [cm]	ความกว้าง ของเมมเบรน [cm]	ความหนา ของเมมเบรน [cm]	ความต้าน ทานเฉลี่ย [k Ω]	ค่าการนำ โปรตอน [mS/cm]
เมมเบรน CS-g-PVA+SDCB+ H ₂ SO ₄						
SDCB 1%	H ₂ SO ₄ 2%	2.5	3	0.0325	4.61	5.557
SDCB 2%	H ₂ SO ₄ 2%	2.5	3	0.0291	5.21	5.497
SDCB 4%	H ₂ SO ₄ 2%	2.5	3	0.0327	3.65	6.982
SDCB 6%	H ₂ SO ₄ 2%	2.5	3	0.0353	2.81	8.413
SDCB 8%	H ₂ SO ₄ 2%	2.5	3	0.0332	2.97	8.446
SDCB 1%	H ₂ SO ₄ 4%	2.5	3	0.0374	2.86	7.791
SDCB 2%	H ₂ SO ₄ 4%	2.5	3	0.0366	2.59	8.777
SDCB 4%	H ₂ SO ₄ 4%	2.5	3	0.0359	2.47	9.405
SDCB 6%	H ₂ SO ₄ 4%	2.5	3	0.0370	2.60	8.676
SDCB 8%	H ₂ SO ₄ 4%	2.5	3	0.0320	2.85	9.137
SDCB 1%	H ₂ SO ₄ 6%	2.5	3	0.0350	2.99	7.952
SDCB 2%	H ₂ SO ₄ 6%	2.5	3	0.0348	2.87	8.355
SDCB 4%	H ₂ SO ₄ 6%	2.5	3	0.0350	2.55	9.352
SDCB 6%	H ₂ SO ₄ 6%	2.5	3	0.0371	2.33	9.640
SDCB 8%	H ₂ SO ₄ 6%	2.5	3	0.0320	3.02	8.617
SDCB 1%	H ₂ SO ₄ 8%	2.5	3	0.0469	2.07	8.592
SDCB 2%	H ₂ SO ₄ 8%	2.5	3	0.0420	2.24	8.866
SDCB 4%	H ₂ SO ₄ 8%	2.5	3	0.0371	3.60	6.236
SDCB 6%	H ₂ SO ₄ 8%	2.5	3	0.0383	2.67	8.155
SDCB 8%	H ₂ SO ₄ 8%	2.5	3	0.0421	2.26	8.743

ก.3 การคำนวณค่าการนำไอออนหรือโปรตอนของเมมเบรน CS-g-PVA+PWA,
CS-g-PVA+PWA +H₂SO₄

ตารางที่ ก.3

ผลการคำนวณค่าการนำไอออนหรือโปรตอนของเมมเบรน

CS-g-PVA+PWA และ CS-g-PVA+PWA+H₂SO₄

เมมเบรน		ระยะห่างของ อิเล็กโทรด [cm]	ความกว้าง ของเมมเบรน [cm]	ความหนา ของเมมเบรน [cm]	ความต้าน ทานเฉลี่ย [kΩ]	ค่าการนำ โปรตอน [mS/cm]
เมมเบรน CS-g-PVA+PWA						
CS-g-PVA	PWA 5%	2.5	3	0.0424	103.58	0.190
CS-g-PVA	PWA 10%	2.5	3	0.0357	115.74	0.202
CS-g-PVA	PWA 20%	2.5	3	0.0292	155.16	0.184
CS-g-PVA	PWA 40%	2.5	3	0.0277	248.38	0.121
เมมเบรน CS-g-PVA+PWA+ H ₂ SO ₄						
PWA 5%	H ₂ SO ₄ 2%	2.5	3	0.0433	1.28	15.022
PWA 10%	H ₂ SO ₄ 2%	2.5	3	0.0373	2.39	9.353
PWA 20%	H ₂ SO ₄ 2%	2.5	3	0.0323	5.38	4.797
PWA 40%	H ₂ SO ₄ 2%	2.5	3	0.0271	5.97	5.151
PWA 5%	H ₂ SO ₄ 4%	2.5	3	0.0340	2.57	9.525
PWA 10%	H ₂ SO ₄ 4%	2.5	3	0.0452	2.48	7.424
PWA 20%	H ₂ SO ₄ 4%	2.5	3	0.0374	3.73	5.977
PWA 40%	H ₂ SO ₄ 4%	2.5	3	0.0401	2.64	7.877
PWA 5%	H ₂ SO ₄ 6%	2.5	3	0.0410	1.92	10.595
PWA 10%	H ₂ SO ₄ 6%	2.5	3	0.0399	2.36	8.842
PWA 20%	H ₂ SO ₄ 6%	2.5	3	0.0365	3.08	7.403
PWA 40%	H ₂ SO ₄ 6%	2.5	3	0.0385	2.79	7.761
PWA 5%	H ₂ SO ₄ 8%	2.5	3	0.0360	1.79	12.941
PWA 10%	H ₂ SO ₄ 8%	2.5	3	0.0361	2.60	8.874

เมมเบรน		ระยะห่างของ อิเล็กโทรด [cm]	ความกว้าง ของเมมเบรน [cm]	ความหนา ของเมมเบรน [cm]	ความต้าน ทานเฉลี่ย [k Ω]	ค่าการนำ โปรตอน [mS/cm]
PWA 20%	H ₂ SO ₄ 8%	2.5	3	0.0394	2.65	7.972
PWA 40%	H ₂ SO ₄ 8%	2.5	3	0.0351	2.82	8.414

ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำและเมทานอลของเมมเบรน

จากสมการการดูดซึมของเหลวของเมมเบรน เมื่อทำการแช่เมมเบรนในของเหลวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

$$\% \text{ Water Uptake (or Methanol Uptake)} = \left[\frac{W_w - W_d}{W_d} \right] \times 100\%$$

เมื่อ W_w คือน้ำหนักของเมมเบรนที่อิ่มตัว [g]

W_d คือน้ำหนักของเมมเบรนแห้ง [g]

ตารางที่ ข.1

ผลการคำนวณค่าการดูดซึมน้ำของเมมเบรนทุกชนิด

เมมเบรน		น้ำหนักแห้ง [g]	น้ำหนักอิ่มตัว [g]	เปอร์เซ็นต์
Nafion®117		0.1405	0.1652	17.58
CS-g-PVA		0.1108	0.1970	77.80
CS-g-PVA	H ₂ SO ₄ 2%	0.1525	0.2605	70.82
CS-g-PVA	H ₂ SO ₄ 4%	0.0942	0.1605	70.38
CS-g-PVA	H ₂ SO ₄ 6%	0.2158	0.3730	72.85
CS-g-PVA	H ₂ SO ₄ 8%	0.1934	0.3166	63.70
CS-g-PVA+SDCB				
CS-g-PVA	SDCB 1%	0.0605	0.1068	76.53
CS-g-PVA	SDCB 2%	0.1244	0.2183	75.48
CS-g-PVA	SDCB 4%	0.0992	0.1733	74.70
CS-g-PVA	SDCB 6%	0.1092	0.1911	75.00
CS-g-PVA	SDCB 8%	0.0990	0.1680	69.70

เมมเบรน		น้ำหนักแห้ง [g]	น้ำหนักกึ่งตัว [g]	เปอร์เซ็นต์
CS-g-PVA+SDCB+ H ₂ SO ₄				
SDCB 1%	H ₂ SO ₄ 2%	0.0623	0.1052	68.86
SDCB 2%	H ₂ SO ₄ 2%	0.0673	0.1138	69.09
SDCB 4%	H ₂ SO ₄ 2%	0.0625	0.1061	69.76
SDCB 6%	H ₂ SO ₄ 2%	0.0541	0.0922	70.43
SDCB 8%	H ₂ SO ₄ 2%	0.0565	0.0958	69.56
SDCB 1%	H ₂ SO ₄ 4%	0.0669	0.1124	68.01
SDCB 2%	H ₂ SO ₄ 4%	0.0892	0.1493	67.38
SDCB 4%	H ₂ SO ₄ 4%	0.0726	0.1222	68.32
SDCB 6%	H ₂ SO ₄ 4%	0.0742	0.1267	70.75
SDCB 8%	H ₂ SO ₄ 4%	0.1007	0.1712	70.01
SDCB 1%	H ₂ SO ₄ 6%	0.0702	0.1151	63.96
SDCB 2%	H ₂ SO ₄ 6%	0.1206	0.2045	69.57
SDCB 4%	H ₂ SO ₄ 6%	0.0564	0.0952	68.79
SDCB 6%	H ₂ SO ₄ 6%	0.0635	0.1076	69.45
SDCB 8%	H ₂ SO ₄ 6%	0.1335	0.2248	68.39
SDCB 1%	H ₂ SO ₄ 8%	0.0670	0.1108	65.37
SDCB 2%	H ₂ SO ₄ 8%	0.1323	0.2152	62.66
SDCB 4%	H ₂ SO ₄ 8%	0.0665	0.1109	66.77
SDCB 6%	H ₂ SO ₄ 8%	0.0771	0.1292	67.57
SDCB 8%	H ₂ SO ₄ 8%	0.2086	0.3449	65.34
CS-g-PVA+PWA				
CS-g-PVA	PWA 5%	0.2197	0.3842	74.87
CS-g-PVA	PWA 10%	0.2056	0.3605	75.34
CS-g-PVA	PWA 20%	0.2206	0.3962	79.60
CS-g-PVA	PWA 40%	0.1685	0.3048	80.89

เมมเบรน		น้ำหนักแห้ง [g]	น้ำหนักกิมตัว [g]	เปอร์เซ็นต์
CS-g-PVA+PWA+ H ₂ SO ₄				
PWA 5%	H ₂ SO ₄ 2%	0.1371	0.2276	66.01
PWA 10%	H ₂ SO ₄ 2%	0.0659	0.1099	66.77
PWA 20%	H ₂ SO ₄ 2%	0.0823	0.1392	69.14
PWA 40%	H ₂ SO ₄ 2%	0.1650	0.2913	76.55
PWA 5%	H ₂ SO ₄ 4%	0.0762	0.1276	67.45
PWA 10%	H ₂ SO ₄ 4%	0.0924	0.1578	70.78
PWA 20%	H ₂ SO ₄ 4%	0.0839	0.1392	65.91
PWA 40%	H ₂ SO ₄ 4%	0.0827	0.1402	69.53
PWA 5%	H ₂ SO ₄ 6%	0.1786	0.2925	63.77
PWA 10%	H ₂ SO ₄ 6%	0.0845	0.1430	69.23
PWA 20%	H ₂ SO ₄ 6%	0.1824	0.3082	68.97
PWA 40%	H ₂ SO ₄ 6%	0.1592	0.2748	72.61
PWA 5%	H ₂ SO ₄ 8%	0.1388	0.2311	66.50
PWA 10%	H ₂ SO ₄ 8%	0.0902	0.1526	69.18
PWA 20%	H ₂ SO ₄ 8%	0.1433	0.2336	63.01
PWA 40%	H ₂ SO ₄ 8%	0.0906	0.1546	70.64

ตารางที่ ข.2

ผลการคำนวณค่าการดูดซึมเมทานอลของเมมเบรน

เมมเบรน		น้ำหนักแห้ง [g]	น้ำหนักอิ่มตัว [g]	เปอร์เซ็นต์
Nafion®117		0.1479	0.2737	85.06
CS-g-PVA		0.1356	0.1432	5.60
CS-g-PVA	H ₂ SO ₄ 2%	0.157	0.1668	6.24
CS-g-PVA	H ₂ SO ₄ 4%	0.0973	0.1102	13.26
CS-g-PVA	H ₂ SO ₄ 6%	0.1832	0.2148	17.25
CS-g-PVA	H ₂ SO ₄ 8%	0.2353	0.2569	9.18
CS-g-PVA+SDCB				
CS-g-PVA	SDCB 1%	0.0668	0.0723	8.23
CS-g-PVA	SDCB 2%	0.1267	0.1448	14.29
CS-g-PVA	SDCB 4%	0.1100	0.1234	12.18
CS-g-PVA	SDCB 6%	0.1826	0.1901	4.11
CS-g-PVA	SDCB 8%	0.2447	0.2540	3.80
CS-g-PVA+SDCB+ H ₂ SO ₄				
SDCB 1%	H ₂ SO ₄ 2%	0.0541	0.0579	7.02
SDCB 2%	H ₂ SO ₄ 2%	0.0855	0.0912	6.67
SDCB 4%	H ₂ SO ₄ 2%	0.0624	0.0671	7.53
SDCB 6%	H ₂ SO ₄ 2%	0.0571	0.0640	12.08
SDCB 8%	H ₂ SO ₄ 2%	0.0528	0.0657	24.43
SDCB 1%	H ₂ SO ₄ 4%	0.0697	0.0725	4.02
SDCB 2%	H ₂ SO ₄ 4%	0.0996	0.1054	5.82
SDCB 4%	H ₂ SO ₄ 4%	0.0585	0.0650	11.11
SDCB 6%	H ₂ SO ₄ 4%	0.0682	0.0754	10.56
SDCB 8%	H ₂ SO ₄ 4%	0.1107	0.1194	7.86

เมมเบรน		น้ำหนักแห้ง [g]	น้ำหนักกิมตัว [g]	เปอร์เซ็นต์
SDCB 1%	H ₂ SO ₄ 6%	0.1195	0.1235	3.35
SDCB 2%	H ₂ SO ₄ 6%	0.1304	0.1346	3.22
SDCB 4%	H ₂ SO ₄ 6%	0.0559	0.0619	10.73
SDCB 6%	H ₂ SO ₄ 6%	0.0657	0.0760	15.68
SDCB 8%	H ₂ SO ₄ 6%	0.1320	0.1417	7.35
SDCB 1%	H ₂ SO ₄ 8%	0.0655	0.0675	3.05
SDCB 2%	H ₂ SO ₄ 8%	0.1205	0.1261	4.65
SDCB 4%	H ₂ SO ₄ 8%	0.0591	0.0637	7.78
SDCB 6%	H ₂ SO ₄ 8%	0.0804	0.0860	6.97
SDCB 8%	H ₂ SO ₄ 8%	0.2010	0.2118	5.37
CS-g-PVA+PWA				
CS-g-PVA	PWA 5%	0.1913	0.1958	2.35
CS-g-PVA	PWA 10%	0.2103	0.2157	2.57
CS-g-PVA	PWA 20%	0.2352	0.2415	2.68
CS-g-PVA	PWA 40%	0.1594	0.1680	5.40
CS-g-PVA+PWA+ H ₂ SO ₄				
PWA 5%	H ₂ SO ₄ 2%	0.1030	0.1085	5.34
PWA 10%	H ₂ SO ₄ 2%	0.0803	0.0840	4.61
PWA 20%	H ₂ SO ₄ 2%	0.0998	0.1042	4.41
PWA 40%	H ₂ SO ₄ 2%	0.1035	0.1155	11.59
PWA 5%	H ₂ SO ₄ 4%	0.0847	0.0870	2.72
PWA 10%	H ₂ SO ₄ 4%	0.1488	0.1547	3.97
PWA 20%	H ₂ SO ₄ 4%	0.0941	0.1017	8.08
PWA 40%	H ₂ SO ₄ 4%	0.0740	0.0793	7.16
PWA 5%	H ₂ SO ₄ 6%	0.1472	0.1509	2.51
PWA 10%	H ₂ SO ₄ 6%	0.0940	0.1009	7.34
PWA 20%	H ₂ SO ₄ 6%	0.1633	0.1775	8.70

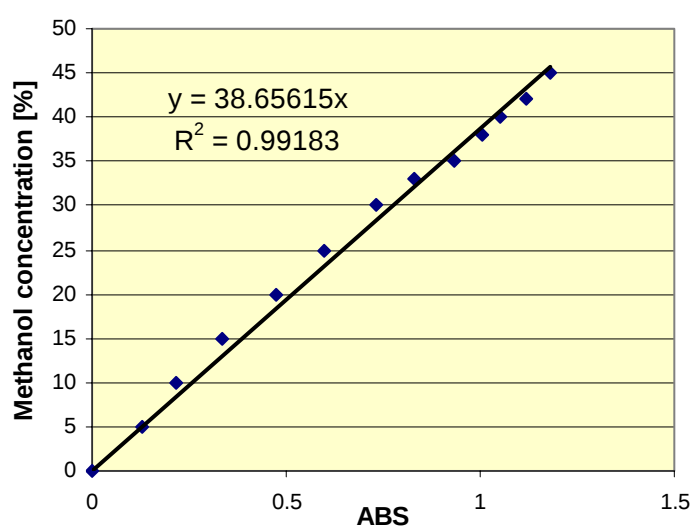
เมมเบรน		น้ำหนักแห้ง [g]	น้ำหนักอิมตัว [g]	เปอร์เซ็นต์
PWA 40%	H ₂ SO ₄ 6%	0.1292	0.1401	8.44
PWA 5%	H ₂ SO ₄ 8%	0.0891	0.0914	2.58
PWA 10%	H ₂ SO ₄ 8%	0.0943	0.1016	7.74
PWA 20%	H ₂ SO ₄ 8%	0.1647	0.1795	8.99
PWA 40%	H ₂ SO ₄ 8%	0.1711	0.1797	5.03

ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบการแพร่ของเมทานอลผ่านเมมเบรน

ภาพที่ ค.1

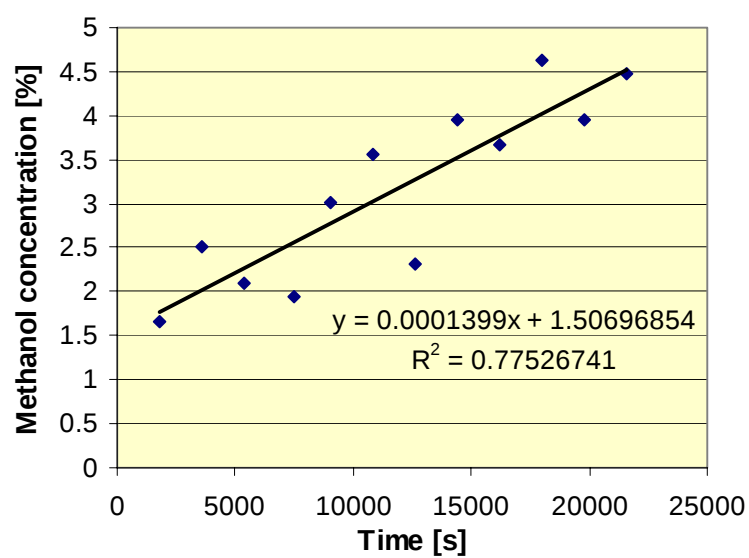
Calibration curve ของความเข้มข้นของสารละลายเมทานอลกับค่าการดูดกลืนรังสียูวี



ภาพที่ ค.2

ตัวอย่างกราฟความเข้มข้นของสารละลายเมทานอลในเซลล์น้ำกลั่นที่เพิ่มขึ้น

ณ เวลาต่างๆ เมื่อใช้เมมเบรน CS-g-PVA+PWA 5%+H₂SO₄ 2%



$$P = \frac{k_B \times V_B \times L}{A \times (C_A - C_B)}$$

เมื่อ k_B คือความชันของกราฟระหว่างความเข้มข้นของเมทานอลกับเวลา

V_B คือ ปริมาตรของน้ำกลั่น [cm^3]

L คือความหนาของเมมเบรน [cm]

A คือ พื้นที่ผิวของเมมเบรนที่กั้นกลางระหว่างเมทานอลและน้ำกลั่น [cm^2]

C_A คือความเข้มข้นของเมทานอลในเซลล์สารละลายเมทานอลกับน้ำ (compartment A) [mol/cm^3]

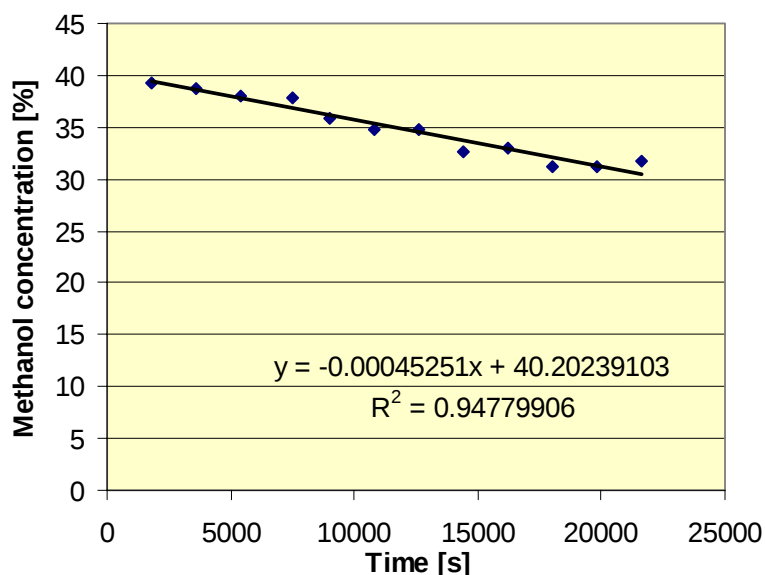
C_B คือความเข้มข้นของเมทานอลในเซลล์ที่ใส่น้ำ (compartment B) [mol/cm^3]

$$P = \frac{(1.399 \times 10^{-4}) \times 400 \times 0.0361}{4 \times 40} = 1.263 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$$

จะเห็นว่าค่าการแพร่ของเมทานอลที่คำนวณได้มีค่าค่อนข้างสูง รวมทั้งค่า R^2 จากภาพที่ ค.2 มีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากข้อมูลมีความแปรปรวนมาก แสดงว่ามีความน่าเชื่อถือน้อย ดังนั้น จะพิจารณาที่เซลล์ของสารละลายเมทานอลดูว่าผลจะเป็นอย่างไร

ภาพที่ ค.3

ตัวอย่างกราฟความเข้มข้นของสารละลายเมทานอลในเซลล์สารละลายเมทานอลที่ลดลง
ณ เวลาต่างๆ เมื่อใช้เมมเบรน CS-g-PVA+PWA 5%+H₂SO₄ 2%



ที่เซลล์สารละลายเมทานอลสามารถคำนวณค่าการแพร่ผ่านเมมเบรนได้ ดังนี้

$$P = - \frac{k_A \times V_A \times L}{A \times (C_A - C_B)}$$

เมื่อ k_A คือความชันของกราฟระหว่างความเข้มข้นของเมทานอลกับเวลา

V_A คือ ปริมาตรของสารละลายเมทานอล [cm³]

$$P = - \frac{(4.525 \times 10^{-4}) \times 400 \times 0.0361}{4 \times 40} = 4.084 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$$

เมื่อพิจารณาภาพที่ ค.3 แล้วพบว่า อัตราส่วนของเมทานอลที่ลดลงมีค่าสูงมาก ซึ่งไม่สัมพันธ์กับค่าการดูดซึมเมทานอลของเมมเบรน และผลการคำนวณค่าระหว่างเซลล์สองเซลล์ไม่ใกล้เคียงกัน อาจเกิดจากอัตราการระเหยของสารละลายเมทานอลมากกว่าการแพร่ผ่านเมมเบรน จึงทำให้ความเข้มข้นของสารละลายเมทานอลลดลงไปมาก

การคำนวณค่าการแพร่ของเมทานอลผ่านเมมเบรน

จากผลการทดสอบการดูดซึมเมทานอล

จากผลการทดสอบจลนพลศาสตร์ของการแพร่ของน้ำและเมทานอล ซึ่งสามารถสังเกตได้จากปริมาณน้ำหรือเมทานอลที่เพิ่มขึ้นในเมมเบรน ณ เวลาใดๆ เมื่อพิจารณาอัตราการแพร่ของสารในช่วงเริ่มต้น (ช่วงที่มีค่าความชัน) จะสามารถนำมาคำนวณหาค่าอัตราการแพร่ของน้ำและเมทานอลผ่านเมมเบรนได้จากสมการ

$$D_{ab} = \pi \left[\frac{h\Theta}{4Q_{\infty}} \right]^2$$

เมื่อ D_{ab} คือสัมประสิทธิ์การแพร่ของของเหลวในเมมเบรน [cm^2/s]

Q_{∞} คือน้ำหนักของของเหลวในเมมเบรนอิ่มตัว [g]

Q_t คือน้ำหนักของของเหลวในเมมเบรนที่เวลาต่างๆ [g]

h คือความหนาของเมมเบรน [cm]

Θ คือความชันของกราฟระหว่าง Q_t กับ $t^{1/2}$ [$\text{g}/\text{min}^{1/2}$]

ตารางที่ ค.1

แสดงค่าต่างๆ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของเมทานอลในเมมเบรน (D_{ab}) ,
ค่าการดูดซึมเมทานอล (S) และค่าการแพร่ของเมทานอลผ่านเมมเบรน (P)

เมมเบรน	h [cm]	Θ	Q_{∞} [g]	$D_{ab} \times 10^6$ [cm ² /s]	S [-]	$P \times 10^7$ [cm ² /s]
CS-g-PVA	0.0214	0.0014775	0.0076	3.400	0.056	1.905
SDCB 6% + H ₂ SO ₄ 6%	0.0302	0.0019110	0.0103	6.167	0.157	9.668
SDCB 4% + H ₂ SO ₄ 4%	0.0206	0.0013823	0.0065	3.770	0.111	4.189
SDCB 4% + H ₂ SO ₄ 6%	0.0177	0.0009273	0.0060	1.470	0.107	1.578
SDCB 8% + H ₂ SO ₄ 4%	0.0297	0.0019905	0.0087	9.070	0.079	7.128
SDCB 2% + H ₂ SO ₄ 8%	0.0223	0.0012811	0.0056	5.112	0.046	2.376
PWA 5% + H ₂ SO ₄ 2%	0.0283	0.0010938	0.0055	6.222	0.053	3.322
PWA 5% + H ₂ SO ₄ 8%	0.0312	0.0007125	0.0024	16.85	0.027	4.540
PWA 5% + H ₂ SO ₄ 6%	0.0220	0.0007916	0.0037	4.351	0.025	1.094
PWA 5% + H ₂ SO ₄ 4%	0.0243	0.0005761	0.0023	7.277	0.027	1.976
PWA 10% + H ₂ SO ₄ 2%	0.0296	0.0007242	0.0037	6.594	0.046	3.038
Nafion®117	0.0176	0.0369845	0.1258	5.259	0.851	44.73

ตารางที่ ค.2

แสดงค่าต่างๆ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำในเมมเบรน (D_{ab}) ,
ค่าการดูดซึมน้ำ (S) และค่าการแพร่ของน้ำผ่านเมมเบรน (P)

เมมเบรน	h [cm]	Θ	Q_{∞} [g]	$D_{ab} \times 10^6$ [cm ² /s]	S [-]	$P \times 10^6$ [cm ² /s]
CS-g-PVA	0.0214	0.0304665	0.0862	11.24	0.778	8.742
SDCB 6% + H ₂ SO ₄ 6%	0.0302	0.0165669	0.0441	25.28	0.694	17.56
SDCB 4% + H ₂ SO ₄ 4%	0.0206	0.0161489	0.0496	8.836	0.683	6.037
SDCB 4% + H ₂ SO ₄ 6%	0.0177	0.0121632	0.0388	6.048	0.688	4.160
SDCB 8% + H ₂ SO ₄ 4%	0.0297	0.0219395	0.0705	16.78	0.700	11.75
SDCB 2% + H ₂ SO ₄ 8%	0.0223	0.0282626	0.0829	11.35	0.627	7.114
PWA 5% + H ₂ SO ₄ 2%	0.0283	0.0287670	0.0905	15.90	0.660	10.49
PWA 5% + H ₂ SO ₄ 8%	0.0312	0.0233560	0.0923	12.24	0.665	8.142
PWA 5% + H ₂ SO ₄ 6%	0.0282	0.0173673	0.1139	3.632	0.638	2.316
PWA 5% + H ₂ SO ₄ 4%	0.0243	0.0121503	0.0502	6.795	0.649	4.407
PWA 10% + H ₂ SO ₄ 2%	0.0296	0.0104461	0.0440	9.701	0.668	6.477
Nafion®117	0.0176	0.0084280	0.0247	7.084	0.176	1.245

ตารางที่ ค.3

แสดงการเปรียบเทียบค่า Proton Conductivity, Methanol Permeability

และ Selectivity ของเมมเบรนแต่ละชนิด

เมมเบรน	Proton Conductivity [mS/cm]	Methanol Permeability $\times 10^7$ [cm ² /s]	Selectivity $\times 10^{-6}$ [mS/cm ³ ·s]
CS-g-PVA	0.258	1.905	1.356
SDCB 6% + H ₂ SO ₄ 6%	9.640	9.668	9.971
SDCB 4% + H ₂ SO ₄ 4%	9.405	4.189	22.46
SDCB 4% + H ₂ SO ₄ 6%	9.352	1.578	59.27
SDCB 8% + H ₂ SO ₄ 4%	9.137	7.128	12.82
SDCB 2% + H ₂ SO ₄ 8%	8.866	2.376	37.32
PWA 5% + H ₂ SO ₄ 2%	15.02	3.322	45.22
PWA 5% + H ₂ SO ₄ 8%	12.94	4.540	28.50
PWA 5% + H ₂ SO ₄ 6%	10.60	1.094	96.87
PWA 5% + H ₂ SO ₄ 4%	9.525	1.976	48.20
PWA 10% + H ₂ SO ₄ 2%	9.353	3.038	30.78
Nafion®117	14.92	44.73	3.335