

บทที่ 4

ผลการคำนวณ

จากการศึกษาระบบการแยกสารผสมโปรตีน ด้วยกระบวนการพีเอช พาราเมตริก บีม ปิง ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้น เพื่อใช้ในการคำนวณ หาค่าความเข้มข้นของสารโปรตีนในถังพักแต่ละรอบของการทดลอง และนำผลการคำนวณมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากผลการทดลอง [Chen : 1980] ทั้ง 3 รูปแบบการทดลอง ซึ่งได้ผลการคำนวณดังนี้

4.1 ผลการคำนวณเปรียบเทียบกับผลการทดลอง 3 รูปแบบการทดลอง

รูปแบบการทดลองที่ 1 คำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารโปรตีนฮีโมโกลบิน ที่ถังพักด้านบน (TR : pH1) และถังพักด้านล่าง (BR : pH1) ของแต่ละรอบในการทดลอง เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลอง

n	ความเข้มข้นในถังพักด้านล่าง (BR)		ความเข้มข้นในถังพักด้านบน (TR)		ค่าความผิดพลาด (%)	
	ค่าจากการคำนวณ	ค่าจากการทดลอง	ค่าจากการคำนวณ	ค่าจากการทดลอง	BR	TR
1	1.08474	1.11	0.77982	0.78	2.27	0.02
2	1.16683	1.22	0.67951	0.65	4.35	4.54
3	1.23272	1.25	0.61555	0.59	1.38	4.33
4	1.27962	1.27	0.56791	0.58	0.75	2.08
5	1.32009	1.33	0.52946	0.54	0.74	1.95
6	1.34711	1.28	0.49701	0.51	5.24	2.54
7	1.37148	1.31	0.46893	0.49	4.69	4.3

ตารางที่ 4.1 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของโปรตีน ฮีโมโกลบิน ในสถานะของเหลวของรูปแบบการทดลองที่ 1

สำหรับรูปแบบการทดลองที่ 1 นี้ สารโปรตีน อัลบูมิน จะไม่ถูกแยกด้วยกระบวนการตามการทดลองดังกล่าว

รูปแบบการทดลองที่ 2 คำนวณค่าความเข้มข้นของสารโปรตีนฮีโมโกลบิน ที่ถึงพักด้านบน (TR : pH1) กับถึงพักด้านล่าง (BR : pH1) ของแต่ละรอบในการทดลองเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลอง

n	ความเข้มข้นในถึงพัก ด้านล่าง (BR)		ความเข้มข้นในถึงพัก ด้านบน (TR)		ค่าความผิดพลาด (%)	
	ค่าจากการคำนวณ	ค่าจากการทดลอง	ค่าจากการคำนวณ	ค่าจากการทดลอง	BR	TR
1	1.17754	1.16	0.77982	0.82	1.51	4.9
2	1.31687	1.43	0.62624	1.01	7.91	37.99
3	1.42682	1.53	0.51689	0.45	6.74	14.86
4	1.50966	1.55	0.44166	0.58	2.60	23.85
5	1.57362	1.65	0.39034	0.35	4.63	11.52
6	1.62133	1.64	0.35546	0.38	1.14	6.45
7	1.65742	1.58	0.33184	0.26	4.9	27.63
8	1.68405	1.44	0.31589	0.21	16.94	50.42

ตารางที่ 4.2 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของโปรตีน ฮีโมโกลบิน ในสภาวะของเหลวของรูปแบบการทดลองที่ 2

สำหรับสารโปรตีนอัลบูมิน สามารถหาได้โดยการคำนวณหาค่าความเข้มข้นที่ถึงพักด้านบน (TR : pH3) กับถึงพักด้านล่าง (BR : pH3) ของแต่ละรอบในการทดลองเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากผลการทดลอง

n	ความเข้มข้นถึงพัก ด้านล่าง (BR)		ความเข้มข้นถึงพัก ด้านบน (TR)		ค่าความผิดพลาด (%)	
	ค่าจากการคำนวณ	ค่าจากการทดลอง	ค่าจากการคำนวณ	ค่าจากการ ทดลอง	BR	TR
1	0.67164	0.63	1.17746	0.94	6.61	24.46
2	0.46207	0.08	1.28404	1.33	477.58	3.45
3	0.33104	0.02	1.35556	1.48	1550	8.40
4	0.25218	0.03	1.40335	1.41	733	0.47
5	0.20509	0.02	1.43391	-	900	-
6	0.17685	0.26	1.45197	1.43	34.61	1.54
7	0.15972	0.04	1.46109	1.66	275	11.98
8	0.14916	0.02	1.46393	1.63	645	10.18

ตารางที่ 4.3 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของโปรตีนอัลบูมิน ในสภาวะของเหลว
ของรูปแบบการทดลองที่ 2

รูปแบบการทดลองที่ 4 คำนวณหาความเข้มข้นสารโปรตีนฮีโมโกลบินที่ถึงพักด้านบน (TR : pH1) กับถึงพักด้านล่าง (BR : pH1) ของแต่ละรอบในการทดลองเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากผลการทดลอง

n	ความเข้มข้นถึงพัก ด้านล่าง (BR)		ความเข้มข้นถึงพัก ด้านบน (TR)		ค่าความผิดพลาด (%)	
	ค่าจากการคำนวณ	ค่าจากการทดลอง	ค่าจากการคำนวณ	ค่าจากการทดลอง	BR	TR
1	1.08474	1.05	0.76296	0.73	3.30	4.51
2	1.16659	1.19	0.60109	0.52	1.96	4.21
3	1.2331	1.23	0.49533	0.41	0.25	20.81
4	1.27946	1.22	0.42594	0.37	4.87	15.11
5	1.3205	1.27	0.37987	0.31	3.97	22.53
6	1.34691	1.32	0.34864	0.32	2.03	8.59
7	1.3717	1.25	0.32751	0.36	9.73	9.02
8	1.38637	1.21	0.31289	0.25	14.57	25.15

ตารางที่ 4.4 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของโปรตีน ฮีโมโกลบิน ในสภาวะของเหลว
ของรูปแบบการทดลองที่ 4

สำหรับสารโปรตีนอัลบูมิน สามารถหาได้โดยการคำนวณค่าความเข้มข้นที่ถึงพีกด้านล่าง (BR : pH1) กับถึงพีกด้านข้าง (SR : pH3) ของแต่ละรอบในการทดลอง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากผลการทดลอง

n	ความเข้มข้นถึงพีกด้านข้าง (SR)		ความเข้มข้นถึงพีกด้านล่าง (BR)		ค่าความผิดพลาด (%)	
	ค่าจากการคำนวณ	ค่าจากการทดลอง	ค่าจากการคำนวณ	ค่าจากการทดลอง	(SR)	(BR)
1	1	1.02	0.93455	0.97	1.96	3.65
2	1.07541	1.09	0.87132	0.98	1.33	11.08
3	1.13741	1.20	0.81342	0.94	5.21	13.46
4	1.19025	1.15	0.76230	0.75	3.5	1.64
5	1.23963	1.19	0.71815	0.79	4.17	9.09
6	1.2874	1.20	0.68045	0.76	7.28	10.46
7	1.33421	1.28	0.64849	0.71	4.23	8.66
8	1.38027	1.30	0.62153	0.75	6.17	17.12

ตารางที่ 4.5 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของโปรตีน ฮีโมโกลบิน ในสภาวะของเหลวของรูปแบบการทดลองที่ 4

4.2 สมการค่าสมมูล (k_i)

จากการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับค่าที่ได้จากการทดลองดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยได้เลือกสมการค่าสมมูล (k_i) สำหรับใช้ในโปรแกรมการคำนวณดังนี้ คือในคอลัมน์ที่บรรจตุ้วลกเปลี่ยนประจุบวก (R^+) มีความสัมพันธ์ดังนี้

$$k_i = Ay_i^2 + By_i + C + \frac{D}{y_i} \quad \dots\dots\dots 4.1$$

ส่วนในคอลัมน์ที่บรรจตุ้วลกเปลี่ยนประจุลบ (R^-) มีความสัมพันธ์ดังนี้

$$k_i = Ay_i^{-2} + By_i^{-1} + C + \frac{D}{y_i^{-1}} \quad \dots\dots\dots 4.2$$

โดยที่ค่า A, B, C และ D เป็นค่าคงที่ของ แต่ละค่าสมมูล ซึ่งในการศึกษา ได้ทำการหาค่าของค่าคงที่ A, B, C และ D เพื่อให้ได้ผลของการคำนวณของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนั้นมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลอง โดยให้มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด สำหรับค่าคงที่ ที่ผู้วิจัยเลือกใช้ได้แสดงไว้ตามตารางที่ 6 ข้างล่างนี้

ค่าคงที่	คอลัมน์ที่บรรจตุ้วลกเปลี่ยนประจุลบ (R^-)			คอลัมน์ที่บรรจตุ้วลกเปลี่ยนประจุบวก (R^+)		
	k'_{p1}	k'_{p2}	k'_{p3}	k_{p1}	k_{p2}	k_{p3}
A	4	1	0.8	1.3	4	3
B	3	1	0.8	1.3	4	4
C	3	0.5	0.5	0	0	0
D	0	0	0	2.4	0.2	5

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงค่าคงที่ สำหรับสมการในการหาค่าสมมูลเพื่อใช้ในการคำนวณค่าความเข้มข้นของโปรตีน ฮีโมโกลบิน

ค่าคงที่	คอลัมน์ที่บรรจตุ้วแลกเปลี่ยน ประจุลบ (R^+)			คอลัมน์ที่บรรจตุ้วแลกเปลี่ยน ประจุบวก (R^-)		
	k_{p1}^+	k_{p2}^+	k_{p3}^+	k_{p1}^-	k_{p2}^-	k_{p3}^-
A	1	2.6	1	1.8	2	15
B	1.3	2	0.3	0.3	2.3	15
C	1.3	2	1.8	0	0	0
D	0	0	0	0.3	3	15

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงค่าคงที่ สำหรับสมการในการหาค่าสมดุลเพื่อใช้ในการคำนวณค่า
ความเข้มข้นของโปรตีน อัลบูมิน

จากการเปรียบเทียบผลการคำนวณโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลการทดลองทั้ง 3 รูปแบบการทดลองทำให้ได้ค่าคงที่ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการสมการหาค่าสมดุล เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารโปรตีนได้ ทั้งยังสามารถนำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นและค่าคงที่ต่าง ๆ ดังกล่าวมาใช้ในการทำนาย หาค่าความเข้มข้นของสารโปรตีน จากการทดลองตามรูปแบบการทดลองที่ 3 ซึ่งในการทดลองไม่ได้แสดงผลการทดลองของรูปแบบการทดลองดังกล่าวไว้ และจากการคำนวณเพื่อทำนายผลรูปแบบการทดลองที่ 3 ทำให้ได้ผลการคำนวณ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ

n	ค่าความเข้มข้นของสารโปรตีน ฮีโมโกลบิน	
	ถึงพักด้านบน	ถึงพักด้านล่าง
1	1.18684	1.08432
2	1.21365	1.04779
3	1.23649	1.01291
4	1.25295	0.98712
5	1.26483	0.9686
6	1.27341	0.95537
7	1.2796	0.94593
8	1.28408	0.93919

ตารางที่ 4.8 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของโปรตีน ฮีโมโกลบิน ในสภาวะของเหลว
ของรูปแบบการทดลองที่ 3

n	ค่าความเข้มข้นของสารโปรตีนอัลบูมิน	
	ถึงพักด้านบน	ถึงพักด้านล่าง
1	0.99788	1.0392
2	0.94863	1.19363
3	0.89708	1.33799
4	0.85331	1.43771
5	0.81852	1.50484
6	0.79132	1.54978
7	0.77005	1.57985
8	0.75328	1.59999

ตารางที่ 4.9 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของโปรตีน อัลบูมิน ในสภาวะของเหลว
ของรูปแบบการทดลองที่ 3

นอกจากนี้ ในการทดลองรูปแบบการทดลองที่ 1 นั้น ผู้วิจัยยังได้ใช้โปรแกรมและค่าคงที่ดังกล่าวนำมาคำนวณ เพื่อใช้ทำนายผลการทดลองสำหรับระบบการทดลองที่มีจำนวนคอลัมน์มากกว่า 2 คอลัมน์ กล่าวคือ ระบบการทดลองที่ประกอบด้วยคอลัมน์ 4, 6 และ 8 คอลัมน์ตามลำดับ ซึ่งผลการคำนวณแสดงไว้ตามตารางที่ 4.10, 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ

N	TR	BR	N	TR	BR
0	1	1	1	0.779824	1.08569
60	0.197803	5.90852	61	0.19736	6.00083
120	0.190106	9.79203	121	0.190091	9.82656
180	0.189818	10.8151	181	0.189817	10.8206
240	0.1898	10.9421	241	0.1898	10.9424

ตารางที่ 4.10 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของโปรตีน ฮีโมโกลบิน ในสถานะของเหลวของรูปแบบการทดลองที่ 1 จำนวน 4 คอลัมน์

N	TR	BR	N	TR	BR
0	1	1	1	0.779824	1.08569
100	0.190691	13.9591	101	0.190646	14.1718
200	0.189837	38.3661	201	0.189837	38.614
300	0.18982	59.9467	301	0.189819	60.1211
400	0.18981	73.0615	401	0.18981	73.1523
500	0.189804	79.2575	501	0.189804	79.2959

ตารางที่ 4.11 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของโปรตีน ฮีโมโกลบิน ในสถานะของเหลวของรูปแบบการทดลองที่ 1 จำนวน 6 คอลัมน์

N	TR	BR	N	TR	BR
0	1	1	1	0.779824	1.08569
100	0.190691	15.2504	101	0.190646	15.5349
200	0.189839	64.9489	201	0.189839	65.6527
300	0.189826	148.63	301	0.189826	149.562
400	0.189819	244.724	401	0.189819	245.688
500	0.189815	337.636	501	0.189815	338.515

ตารางที่ 4.12 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของโปรตีน ฮีโมโกลบิน ในสภาวะของเหลว
ของรูปแบบการทดลองที่ 1 จำนวน 8 คอลัมน์