บทที่ 3

สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 สรุปและวิจารณ์ผลการหาภาวะการทดลอง

จากการทดลองได้เลือกใช้เทคนิคโพเทนชิโอเมตรี เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์ เพราะเป็นเทคนิคที่ทำการทดลองได้อย่างรวดเร็ว เหมาะสำหรับงานวิเคราะห์ประจำ (routine analysis) และให้ความแม่นยำสูงในช่วงความเข้มข้นต่ำ ๆ (10^{-4} - 10^{-6} M)[7] การวัดด้วยเทคนิคนี้ต้องใช้ขั้วไฟฟ้าชี้บอกจำเพาะเจาะจงฟลูออไรด์และขั้วไฟฟ้าอ้างอิงคือซิลเวอร์-ซิลเวอร์คลอไรด์ การวิเคราะห์ฟลูออไรด์ด้วยเทคนิคนี้มีหลักการสำคัญ คือต้องควบคุมความแรงไอออนิค (ionic strength) ของสารละลาย นั่นคือ ป้องกันการรบกวนของไอออนตัวอื่น ๆ และทำให้ค่าความชันของกราฟมีค่า 59 mV ให้เหมาะสมและเท่ากันทั้งสารละลายมาตรฐานและสารตัวอย่าง ดังนั้นเราจึงต้องศึกษาหาสารละลายที่จะมาควบคุมความแรงไอออนิกหรือที่เรียกว่าสารละลายบัฟเฟอร์ การศึกษาได้ทดลองสารละลายบัฟเฟอร์ 3 ชุดกับสารละลายมาตรฐานดังนี้คือ ชุดที่ 1 ใช้โซเดียมอะซิเตทความเข้มข้น 3โมลาร์กับโซเดียมซิเตรทความเข้มข้น 1.32 โมลาร์ ในอัตราส่วน 1 : 1 ชุดที่ 2 ใช้โซเดียมอะซิเตทความเข้มข้น 3 โมลาร์และโซเดียมอะซิเตทผสมโซเดียมซิเตรท ในอัตราส่วน 1:1 และชุดที่ 3 ใช้ โซเดียมอะซิเตทผสมโซเดียมซิเตรท ต่อสารละลายมาตรฐานในอัตราส่วน 1 : 1เมื่อนำการทดลองทั้ง 3 ชุดไปวัดค่าศักย์ดังตารางที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ พล็อตกราฟระหว่าง -log [F] หรือ pF กับค่าศักย์จะได้กราฟเส้นตรงมีค่าความชันคือ 93,70 และ 54 mV/M ตามลำดับ จะเห็นว่าค่าความชันของการทดลองชุดที่ 3 มีค่าใกล้เคียงกับค่าความชันทางทฤษฎีตามสมการของเนินสท์ เมื่อ n คือ จำนวนอิเล็คตรอนที่ใช้เท่ากับ 1 และที่อุณหภูมิห้อง (25°C) ค่าความชันตามทฤษฎีมีค่าประมาณ 59 mv/M ดังนั้นจึงเลือกสารละลายบัฟเฟอร์ชุดที่ 3 คือ โซเดียมอะซิเตทผสมโซเดียมซิเตรท เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์ต่อไป

3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำตัวอย่าง

ได้สุ่มน้ำตัวอย่างทั้งหมด 50 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นตัวอย่างน้ำบาดาล 46 ตัวอย่าง เก็บในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น และน้ำปะปา 2 ตัวอย่าง น้ำกรอง 1 ตัวอย่าง น้ำในสระ 1 ตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบและวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์ตามวิธีดังกล่าว โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์คือ โซเดียมอะซิเตทผสมโซเดียมซิเตรท ควบคุมความแรงไอออนิค และเนื่องจากการวัดค่าศักย์เป็นการวัดค่าศักย์สัมพัทธ์ ดังนั้นการวัดศักย์สารตัวอย่างต้องเทียบกับกราฟมาตรฐานโดยวัดแบบต่อเนื่อง ผลการทดลองดังตาราง สรุปที่ 9 พบว่าปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำบาดาล 46 ตัวอย่าง มีค่าอยู่ในช่วง 0.02-1.0 ppm และน้ำปะปามีค่า 0.02 ppm และน้ำกรอง 0.02 ppm เช่นกัน ส่วนน้ำในสระมีค่า 0.03 ppm และทุกตัวอย่างของน้ำบาดาลมีฟลูออไรด์ปนอยู่ ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐาน จึงเป็นเรื่องน่ายินดีที่ประชาชนที่ดื่มน้ำจะได้รับฟลูออไรด์เข้าไปในร่างกายพอสมควร และเมื่อนำข้อมูลมาพลอตเพื่อแจกแจงช่วงปริมาณฟลูออไรด์ ดังภาพที่ 8 โดยพบว่าปริมาณฟลูออไรด์มีค่าอยู่ในช่วง 0.02-0.145 ppm ประมาณ 78% ปริมาณฟลูออไรด์อยู่ในช่วง 0.146-0.271 ประมาณ 16 % ปริมาณฟลูออไรด์อยู่ในช่วง 0.272-0.397 ประมาณ 4 % ปริมาณฟลูออไรด์อยู่ในช่วง 0.902-1.027 ประมาณ 2% แสดงได้ดังภาพที่ 8 ส่วนในน้ำปะปา น้ำกรองและน้ำในสระจะมีค่าประมาณ 0.02 ppm ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน แนวโน้มปริมาณฟลูออไรด์ส่วนใหญ่มีค่าไม่เกิน 1 ppm ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโครงสร้างทางธรณีวิทยาในแร่ประกอบหินส่วนใหญ่จะไม่พบฟลูออไรด์เป็นธาตุองค์ประกอบ อย่างไรก็ตามค่าที่ได้ไม่เกินมาตรฐานฟลูออไรด์ในน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลกซึ่งกำหนดไว้ คือ 1.5 ppm[1]

ตารางที่ 9 สรุปผลการทดลองในการวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์, ค่าการนำไฟฟ้า และค่าวัดสภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำตัวอย่าง

NO.	ปริมาณฟลูออไรด์ (ppm)	ค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะ (μS/cm)	ค่าพี-เอช
	น้ำบาดาล		
1	0.315	1563	8.1
2	0.040	3000	7.6
3	0.064	1135	8.0
4	0.104	2270	7.6
5	0.090	1032	7.8
6	0.214	2330	8.3
7	0.165	882	8.2
8	0.241	548	8.3
9	0.151	372	8.1
10	0.361	9040	7.7
11	0.202	4970	7.6
12	0.098	1430	8.3
13	0.078	1937	7.7
14	1.010	1000	8.3
15	0.240	8410	7.7
16	0.174	804	8.3
17	0.107	3850	7.7
18	0.054	2300	7.8
19	0.064	2470	7.7
20	0.131	3180	8.1

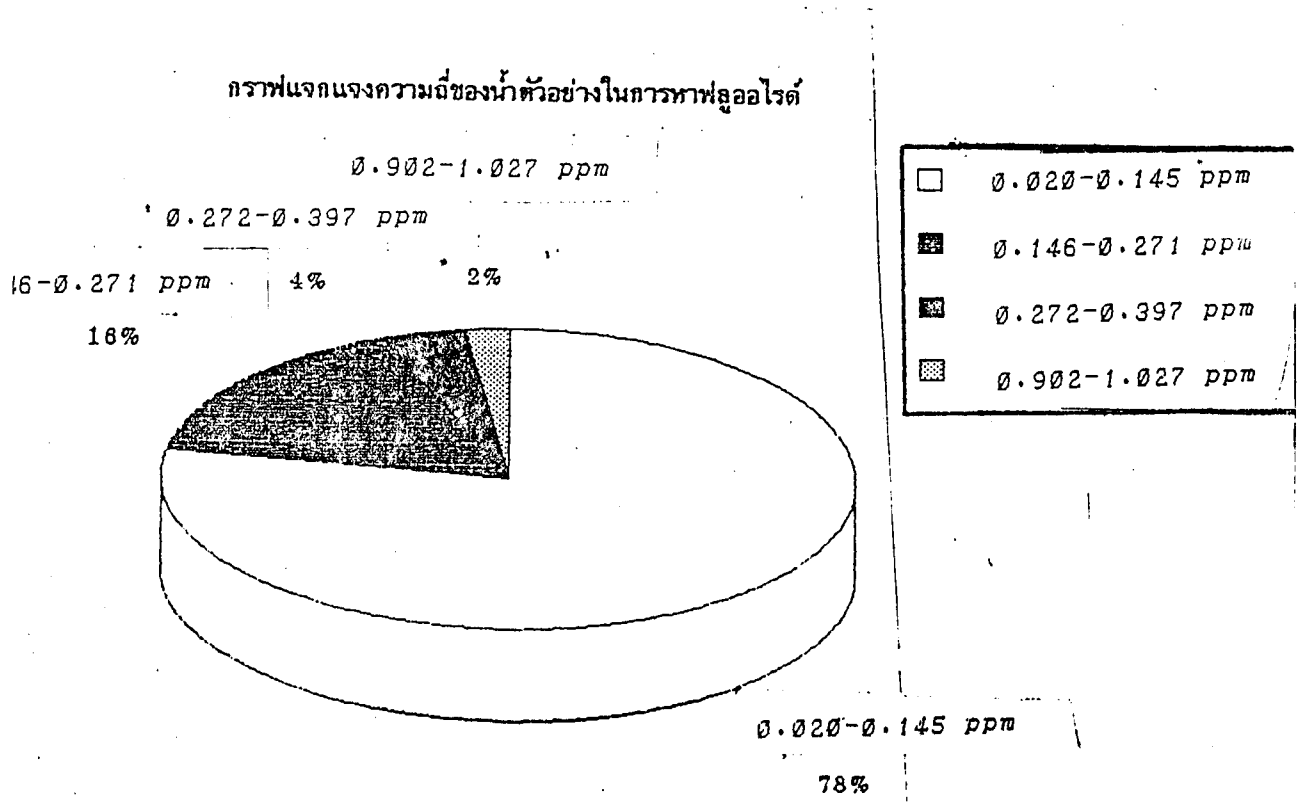
ตารางที่ 9 (ต่อ)

NO.	ปริมาณฟลูออไรด์ (ppm)	ค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะ (μS/cm)	ค่าพี-เอช
21	0.079	824	8.0
22	0.042	2560	7.8
23	0.037	2030	7.8
24	0.039	3690	7.2
25	0.061	2820	7.8
26	0.104	1216	7.9
27	0.165	5330	8.3
28	0.117	4380	8.2
29	0.069	5370	8.4
30	0.054	1827	8.3
31	0.036	4420	8.2
32	0.085	4960	8.1
33	0.054	6660	7.8
34	0.032	4250	8.1
35	0.061	3360	8.1
36	0.031	3110	7.8
37	0.034	3170	7.4
38	0.054	3230	7.8
39	0.027	498	8.2
40	0.026	1066	8.1

ตารางที่ 9 (ต่อ)

NO.	ปริมาณฟลูออไรด์ (ppm)	ค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะ (μS/cm)	ค่าพี-เอช
41	0.037	1379	7.8
42	0.022	103	7.4
43	0.023	169	7.5
44	0.028	2310	7.7
45	0.023	332	7.9
46	0.020	272	8.3
47	น้ำประปา 0.029	291	8.0
48	น้ำประปา 0.024	236	7.8
49	น้ำประปา 0.019	31	8.3
50	น้ำประปา 0.026	206	7.9

ภาพที่ 8 กราฟวงกลมแสดงการแจกแจงความถี่ของน้ำบาดาลจากแหล่งต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์



3.3 การวัดค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะ และค่าวัดสภาพความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำตัวอย่าง

จากตัวอย่างน้ำบาดาลทั้งหมด 46 ตัวอย่างในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่นพบว่าค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะของน้ำบาดาล 46 ตัวอย่างอยู่ในช่วง 272-9040 μS/cm ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำประปา,น้ำกรองและน้ำสระซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะอยู่ในช่วง 31-291 μS/cm แสดงว่าในน้ำบาดาลมีปริมาณไอออนในน้ำมากกว่าน้ำประปา เมื่อแบ่งค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะจากตัวอย่างน้ำบาดาลพบว่าช่วงที่มีค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะมากกว่า 6000 μS/cm มีอยู่ 3 ตัวอย่างและอยู่ระหว่าง 3000-6000 μS/cm มีอยู่ 14 ตัวอย่าง แสดงการแจกแจงดังตารางที่ 10 ซึ่งพบว่ามีค่าค่อนข้างสูงเป็นเพราะว่าโครงสร้างทางธรณีวิทยาของอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่นประกอบด้วยหินชุดมหาสารคาม[5] (Maha sarakam formation)

ซึ่งมีชั้นเกลือหนาหลายร้อยเมตรจากการขุดเจาะน้ำบาดาลในชั้นหินชุดมหาสารคาม พบว่ามีเกลือหินอยู่มาก ดังนี้ แคลเซียมซัลเฟตแอนไฮไดรด์($CaSO_4$) , หินปูน($CaCO_3$) , โดโลไมต์($CaMg(CO_3)_2$) , ยิบซัม($CaSO_4.2H_2O$) ,เกลือหิน(halide-NaCl)เกลือโปแทสของพวกซิลไวท์(KCl) หรือเกลือโปแทสของพวกคาร์นัลไลท์($KClMgCl_2.6H_2O$) ซึ่งเกลือเหล่านี้จะละลายน้ำออกมาได้บ้างและอยู่ในรูปไอออน ซึ่งสามารถบอกได้ว่ามีไอออนจำนวนมาก น้ำกรอง และน้ำสระ มีค่าไม่เกิน 300 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร ซึ่งต่ำกว่าน้ำบาดาล ทั้งนี้เนื่องจากว่าได้ผ่านขบวนการบำบัดแล้วจึงทำให้ปริมาณไอออนในน้ำลดลง ส่วนค่าแสดงสภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำตัวอย่างนั้นอยู่ในช่วง 8.0-8.0 ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก

ตารางที่ 10 แสดงการจำแนกค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะของตัวอย่างที่มีค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะเกิน 3000 μS/cm และเกิน 6000 μS/cm

กลุ่มที่	ตัวอย่างที่	สถานที่เก็บตัวอย่าง	ค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะ (μS/cm)
1	11	บ้านค้อท่อนน้อย ม.10/1ต.บ้านค้อ	4970
	17	บ้านโคกสี ม.7 ต.บ้านค้อ	3850
	20	บ้านวังตอ ม.10/2 ต.บ้านค้อ	3180
	24	บ้านโคกฟันโปง ม.4 ต.บ้านเป็ด	3690
	27	วัดท่าบึงบ้านเป็ดจุดที่ 2 ต.บ้านเป็ด	5330
	28	บ้านหนองหลุบ ม.3/1 ต.แดงใหญ่	4380
	29	บ้านหนองหลุบ ม.3/2 ต.แดงใหญ่	5370
	31	บ้านทุ่ม ม.3/1 ต.บ้านทุ่ม	4420
	32	บ้านทุ่ม ม.3/2 ต.บ้านทุ่ม	4960
	34	บ้านทุ่ม ม.3/4 ต.บ้านทุ่ม	4250
	35	บ้านทุ่ม ม.3/5 ต.บ้านทุ่ม	3360
	36	บ้านม่วง ม.11/1 ต.บ้านทุ่ม	3110
	37	บ้านม่วง ม.11/2 ต.บ้านทุ่ม	3170
	38	วัดมณฑป ม.11/3 ต.บ้านทุ่ม	3230
2	10	บ้านโนนแต้ ม.10/1 ต.บ้านค้อ	9040
	15	บ้านโนนแต้ ม.10/2 ต.บ้านค้อ	8410
	33	วัดโพธิ์กลาง ม.3/3 ต.บ้านทุ่ม	6660