บทที่ 2

วิธีการทดลองและผลการทดลอง

2.1 การวิเคราะห์หาฟลูออไรด์

2.1.1 การหาภาวะการทดลองที่เหมาะสม

ทำโดยใช้สารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์

2.1.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

โพเทนชิโอมิเตอร์ (ใช้ pH/mV meter) พร้อมขั้วไฟฟ้าฟลูออไรด์ไอออน-ซีเล็คทีฟ ยี่ห้อ Radiometer Copenhagen โมเดล PHM 80 Portable pH meter

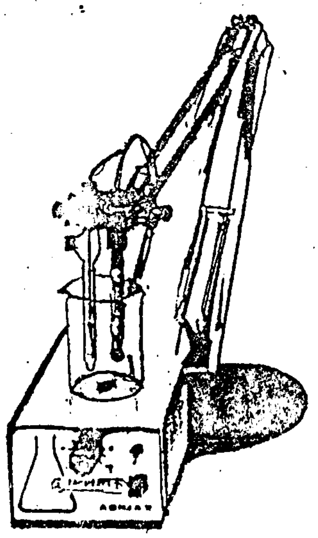
เครื่องคน(stirrer)พร้อมเม็ดคน(magnetic bar)

บีกเกอร์ขนาด 100 cm^3

ปิเปต (pipett)ขนาด 1,2,5,10, และ 25 cm^3 พร้อมลูกยาง

นาฬิกาจับเวลา

จัดตั้งอุปกรณ์ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์

2.1.1.2 สารเคมีและการเตรียม

(1).สารละลายฟลูออไรด์มาตรฐานความเข้มข้น 1000 ppm

วิธีการเตรียม

อบโซเดียมฟลูออไรด์(NaF)ใช้ AR-Gradeที่อุณหภูมิ 140 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงแล้วชั่งมา 2.210 กรัมจากนั้นนำมาละลายน้ำกลั่นที่ผ่านการกลั่นแล้วสองครั้งปรับปริมาตรให้ได้ 1000 cm^3 ด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการกลั่นแล้วสองครั้งโดยใช้ขวดวัดปริมาตร

(2).สารละลายบัฟเฟอร์

ในการทดลองนี้เป็นการศึกษาหาสารละลายที่เหมาะสมเพื่อควบคุมความแรงไอออนิกที่เรียกว่าสารละลายบัพเฟอร์ 3 ชุด

(ก.) ชุดที่ 1 วิธีการเตรียม[8]

(1) สารละลายโซเดียมอะซิเตท (sodium acetate) ความเข้มข้น 3 โมลาร์โดยชั่งโซเดียมอะซิเตทไตรไฮเดรต ($NaOAc.3H_2O$) 408 กรัม ละลายน้ำ 500cm^3 ปรับพี-เอชเป็น 7 ด้วยกรดอะซิติกจากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1000 cm^3 โดยใช้ขวดวัดปริมาตร

(2) สารละลายโซเดียมซิเตรท (sodium cetrate)ความเข้มข้น 1.32 โมลาร์โดยชั่งโซเดียมซิเตรทไดไฮเดรต ($Na_3C_6H_5O_7.2H_2O$) 222 กรัม ละลายน้ำ 500 cm^3จากนั้นปรับพี-เอชเป็น 6.5 โดยเติมกรดเปอร์คลอริก($HClO_4$) เข้มข้น 28 cm^3 ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 cm^3ด้วยน้ำกลั่นโดยใช้ขวดวัดปริมาตร

(ข.) ชุดที่ 2 วิธีการเตรียม

(1) สารละลายโซเดียมอะซิเตท(sodium acetate) ความเข้มข้น 3 โมลาร์โดยชั่งโซเดียมอะซิเตทไตรไฮเดรต ($NaOAc.3H_2O$) 408 กรัม ละลายน้ำ 500cm^3ปรับพี-เอชเป็น 7 ด้วยกรดอะซิติกจากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1000 cm^3 โดยใช้ขวดวัดปริมาตร

(2) Total Ionic Strength Adjustment Buffer (TISAB) เตรียมโดยเติมน้ำกลั่น 500 cm^3 ลงในบีกเกอร์ขนาด 1 dm^3 จากนั้นเติมกรดกลาเชียลอะซิติก (glacial acetic acid) 57 cm^3 ,โซเดียมคลอไรด์

(NaCl)58 กรัม และโซเดียมซิเตรทไดไฮเดรต 12 กรัมคนด้วยเครื่องคนจนละลายหมดทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องจากนั้นปรับค่าพี-เอชของสารละลายให้อยู่ระหว่าง 5.0 - 5.5 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 6 โมลาร์ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วเทลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 cm^3 ปรับปริมาตรให้ถึงขีดด้วยน้ำกลั่น

(ค.) ชุดที่ 3 วิธีการเตรียม[3]

Total Ionic Strength Adjustment Buffer (TISAB) เตรียมโดยเติมน้ำกลั่น 500 cm^3 ลงในบีกเกอร์ขนาด 1 dm^3 จากนั้น เติมกรดกลาเชียลอะซิติก 57 cm^3 ,โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 58 กรัม และโซเดียมซิเตรท-ไดไฮเดรต 12 กรัมคนด้วยเครื่องคนจนละลายหมดทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องจากนั้นปรับค่าพี-เอชของสารละลายให้อยู่ระหว่าง 5.0 -5.5 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 6 โมลาร์ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วเทลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 cm^3 ปรับปริมาตรให้ถึงขีดด้วยน้ำกลั่น

2.1.1.3 การทดลอง

ก. วิธีการทดลองชุดที่ 1

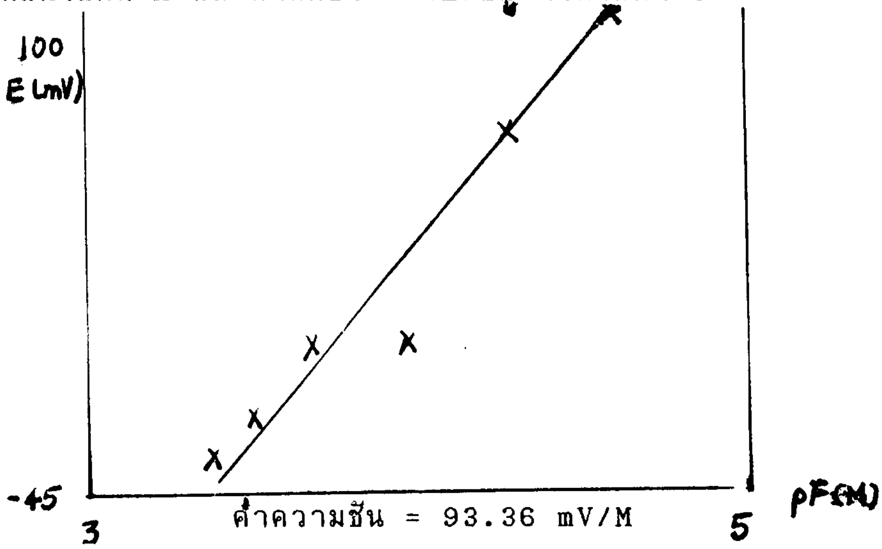
(1) เตรียมสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ความเข้มข้น0.0,0.3, 0.5,1.0,2.0,4.0,6.0,และ8.0 ppm จากความเข้มข้นมาตรฐานเริ่มต้น 50 ppm โดยการปิเปตมา 0.0,0.3,0.5,1.0,2.0,4.0,6.0 และ 8.0 cm^3 ตามลำดับลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 cm^3 เติมสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซิเตท 20 cm^3 และโซเดียมซิเตรท 20 cm^3จากนั้นปรับปริมาตรให้ถึงขีดด้วยน้ำกลั่นทุก ๆ ความเข้มข้น

(2) เทสารละลายมาตรฐานที่ได้จากข้อ 1 ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 cm^3 แล้วนำไปวัดค่าศักย์โดยใช้เครื่องมือโพเทนชิโอมิเตอร์พร้อมขั้วไฟฟ้าฟลูออไรด์ไอออน - ซีเล็คทีฟและขั้วไฟฟ้าอ้างอิงซิลเวอร์-ซิลเวอร์คลอไรด์พร้อมเครื่องคนในการวัด เป็นเวลา 3 นาทีแล้วจึงอ่านค่าศักย์ ทำการทดลองแบบเดิมซ้ำ 2 ครั้งแล้วหาค่าศักย์เฉลี่ย ผลการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าที่ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์เข้มข้นต่าง ๆ กันเมื่อใช้สารละลายบัฟเฟอร์ชุดที่ 1

NO	$[F^-]$ (ppm)	สารละลายบัฟเฟอร์ชุดที่ 1		$[F^-]$ (M)	pF (M)	Eเฉลี่ย (mV)
		AcONa(cm^3)	Na.citrat(cm^3)			
1	0.0	20	20	0.0	-	120
2	0.3	20	20	1.579×10^{-5}	4.80	100
3	0.5	20	20	2.632×10^{-5}	4.580	68
4	1.0	20	20	5.263×10^{-5}	4.279	39
5	2.0	20	20	1.053×10^{-4}	3.978	-10
6	4.0	20	20	2.105×10^{-4}	3.677	-11
7	6.0	20	20	3.158×10^{-4}	3.501	-27
8	8.0	20	20	4.211×10^{-4}	3.376	-37

จากผลการทดลองชุดที่ 1 นำไปเขียนกราฟระหว่าง pF ($-\log[F^-]$) ซึ่งให้อยู่ในแนวแกน X และค่าศักย์ไฟฟ้า(E)อยู่ในแนวแกน Y จะได้กราฟดังภาพที่ 4



ค่าความชัน = 93.36 mV/M

ภาพที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักย์ไฟฟ้า E (mV) กับ pF (M) ของการทดลองชุดที่ 1

จากกราฟได้ค่าสโลปหรือความชันของเส้นตรงมีค่าประมาณ 93 mV/M ซึ่งมีค่าไม่ใกล้เคียงตามทฤษฎี ดังสมการของเนินสท์ ซึ่งมีค่าประมาณ 59 mV/M

ข. วิธีการทดลองชุดที่ 2

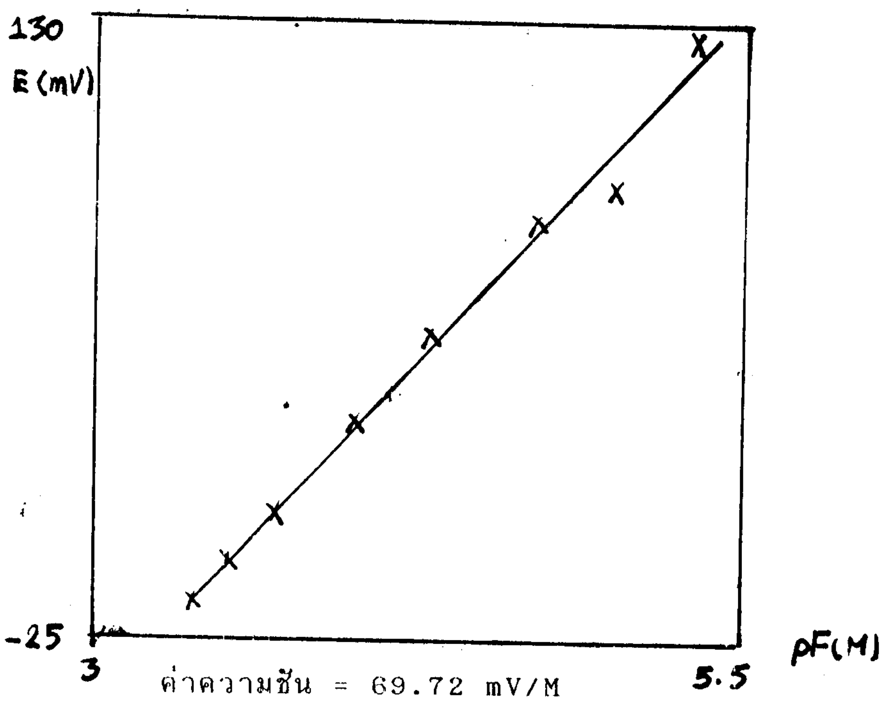
1.เตรียมสารละลายมาตรฐานของฟลูออไรด์ความเข้มข้น0.1,0.2,0.4,1.0,2.0,4.0,6.0 และ 8.0 ppm ตามลำดับโดยไตเตรทมาจากความเข้มข้นตั้งต้น 50 ppm ปริมาณ 0.1,0.2,0.,4,1.0,2.0,4.0,6.0 และ 8.0 cm^3 ตามลำดับลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 cm^3 แล้วเติมสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซิเตท 20 cm^3 และ TISAB 20cm^3 จากนั้นปรับปริมาตรให้ถึงขีดด้วยน้ำกลั่น

2.นำสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ที่เตรียมได้จากข้อ 1 ไปวัดค่าศักย์ไฟฟ้าเหมือนชุดที่ 1 ทำการทดลอง 2 ซ้ำได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าที่ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์เข้มข้นต่าง ๆ เมื่อใช้สารละลายบัฟเฟอร์ชุดที่ 2

NO.	[F−] (ppm)	สารละลายบัฟเฟอร์ชุดที่ 2		[F−] (M)	pF (M)	Eเฉลี่ย (mV)
		AcONa(cm^3)	TISAB(cm^3)			
1	0.0	20	20	0.0	-	130
2	0.1	20	20	$5.263x10^{-6}$	5.279	124
3	0.2	20	20	$1.053x10^{-5}$	4.978	87
4	0.4	20	20	$2.105x10^{-5}$	4.677	78
5	1.0	20	20	$5.263x10^{-5}$	4.279	51
6	2.0	20	20	$1.053x10^{-4}$	3.978	29
7	4.0	20	20	$2.105x10^{-4}$	3.677	6
8	6.0	20	20	$3.158x10^{-4}$	3.501	-5
9	8.0	20	20	$4.211x10^{-4}$	3.376	-16

จากผลการทดลองชุดที่ 2 นำไปเขียนกราฟเหมือนชุดที่ 1 จะได้กราฟดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักย์ไฟฟ้า E (mV) กับpF (M)ของการทดลองชุดที่ 2

จากผลการทดลองเมื่อนำมาเขียนกราฟจะได้กราฟเป็นเส้นตรงมีค่าความชันประมาณ 70 mV/M ซึ่งไม่ใกล้เคียงกับค่าสรุปของสมการของเนินสท์

ค. วิธีการทดลองชุดที่ 3

1.เตรียมสารละลายมาตรฐานของฟลูออไรด์ความเข้มข้น0.1,0.2,0.4,1.0,2.0,4.0,6.0 และ 8.0 ppm ตามลำดับ โดยปิเปตมาจากความเข้มข้นตั้งต้น 50 ppm ปริมาณ 0.1,0.2,0.,4,1.0,2.0,4.0,6.0 และ 8.0 cm^3 ตามลำดับลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 cm^3 แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ถึงขีด

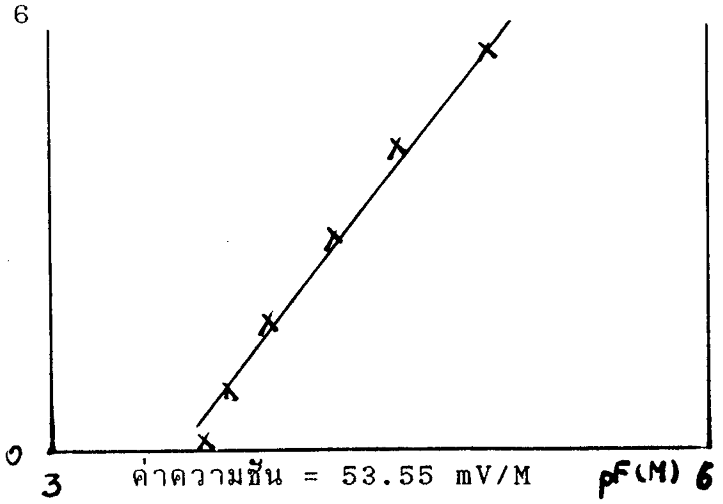
2.ปิเปตสารละลายมาตรฐานที่เตรียมได้จากข้อ 1 มา 25 cm^3 ลงขวดวัดปริมาตรขนาด 50 cm^3 ปรับปริมาตรด้วย TISAB ให้ถึงขีดวัดปริมาตร

3.นำสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ที่เตรียมได้จากข้อ 2 ไปวัดค่าศักย์ไฟฟ้าเหมือนชุดที่ 1 และ2 ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าที่ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์เข้มข้นต่าง ๆ เมื่อใช้สารละลายบัฟเฟอร์ชุดที่ 3

NO.	$[F^-]$ (M)	บัฟเฟอร์ชุดที่ 3 TISAB(cm^3)	[F−] (M)	pF (M)	Eเฉลี่ย E(mV)
1	0.0	25	0.0	-	132
2	0.1	25	$2.632x10^{-6}$	5.580	106
3	0.2	25	$5.265x10^{-6}$	5.279	89
4	0.4	25	$1.053x10^{-5}$	4.978	74
5	1.0	25	$2.635x10^{-5}$	4.580	56
6	2.0	25	$5.265x10^{-5}$	4.279	39
7	4.0	25	$1.053x10^{-4}$	3.978	23
8	6.0	25	$1.579x10^{-4}$	3.802	11
9	8.0	25	$2.106x10^{-4}$	3.678	1

จากผลการทดลองชุดที่ 3 นำไปเขียนกราฟเหมือนชุดที่ 1 และชุดที่ 2 จะได้กราฟดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักย์ไฟฟ้าE (mV) กับpF (M) ของการทดลองชุดที่ 3

จากผลการทดลองเมื่อนำมาเขียนกราฟจะได้กราฟเป็นเส้นตรงมีค่าความชัน ประมาณ 54 mV/M ซึ่งสอดคล้องหรือใกล้เคียงกับ ค่าสโลป (ความชัน) สมการของเนินสท์ตามทฤษฎี

สรุปผลการทดลองหาภาวะที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์

จะเห็นได้ว่าการทดลองชุดที่ 1 ,2 และ 3 ใช้สารละลายบัฟเฟอร์แตกต่างกันและจากกราฟได้ค่าความชันเท่ากับ 94,74 และ 54 mV/M ตามลำดับ และตามทฤษฎีควรได้ค่าความชันของเส้นกราฟเท่ากับ 59 mV/M ดังนั้นจึงเลือกภาวะการทดลองของสารละลายบัฟเฟอร์ ชุดที่ 3 เพราะให้ค่าความชันของเส้นกราฟใกล้เคียงกับทฤษฎีเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำต่อไป

2.1.2 การวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำตัวอย่าง

2.1.2.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง

ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลทั้งหมด 46 ตัวอย่าง น้ำปะปา น้ำกรอง และน้ำในสระ รวม 4 ตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบ รวมทั้งหมด 50 ตัวอย่าง

NO.	สถานที่เก็บ
1.	วัดบ้านสำราญ ต.สำราญ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
2.	วัดบ้านโนนลาน ม.4 ต.บ้านค้อ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
3.	โรงเรียนบ้านนาเพียง ม. 14 ต.สาวัตถี อ.เมือง จ.ขอนแก่น
4.	บ้านหินลาด ม.11 /1 ต.บ้านค้อ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
5.	บ้านเพี๊ยะฟาน ม. 13 ต.สาวัตถี อ.เมือง จ.ขอนแก่น
6.	บ้านหินลาด ม.11/2 ต.บ้านค้อ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
7.	วัดบ้านหินลาด ม.11/2 ต.บ้านค้อ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
8.	บ้านนาเพียง ม. 14 ต.สาวัตถี อ.เมือง จ.ขอนแก่น
9.	วัดบ้านเพี๊ยะฟาน ม.14 ต.สาวัตถี อ.เมือง จ.ขอนแก่น
10.	บ้านโนนแต้ ม.10/1 ต.บ้านค้อ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
11.	บ้านค้อท่อนน้อย ม.12 ต.บ้านค้อ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
12.	บ้านวังตอ ม.10/1 ต.บ้านค้อ อ.เมือง จ.ขอนแก่น

NO. สถานที่เก็บ

13. บ้านสำราญ ม. 4 ต.บ้านค้อ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
14. บ้านค้อ ม.5 ต.บ้านค้อ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
15. บ้านโนนแต้ ม.10/2 ต.บ้านค้อ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
16. บ้านหนองปอ ม.2/ 1 ต.บ้านค้อ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
17. บ้านโคกสี ม.7 ต.บ้านค้อ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
18. บ้านโนนลาน ม.4 ต.บ้านค้อ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
19. บ้านหนองปอ ม.2/2 ต.บ้านค้อ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
20. บ้านวังตอ ม.10 /2 ต.บ้านค้อ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
21. โรงเรียนบ้านท่อนน้อย ต.บ้านค้อ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
22. บ้านโคกฟันโปง ม.3/1 ต.บ้านเป็ด อ.เมือง จ.ขอนแก่น
23. วัดกองสี ม.3/2 ต.บ้านเป็ด อ.เมือง จ.ขอนแก่น
24. บ้านโคกฟันโปง ม.4 ต.บ้านเป็ด อ.เมือง จ.ขอนแก่น
25. บ้านโคกฟันโปง ม.5 ต.บ้านเป็ด อ.เมือง จ.ขอนแก่น
26. วัดท่าบึงบ้านเป็ดจุดที่ 1 ต.บ้านเป็ด อ.เมือง จ.ขอนแก่น
27. วัดท่าบึงบ้านเป็ดจุดที่ 2 ต.บ้านเป็ด อ.เมือง จ.ขอนแก่น
28. บ้านหนองหลุบ ม.3/1 ต.แดงใหญ่ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
29. บ้านหนองหลุบ ม.3/2 ต.แดงใหญ่ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
30. บ้านป่าชาด ม.5 ต.แดงใหญ่ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
31. บ้านทุ่ม ม.3/1 ต.บ้านทุ่ม อ.เมือง จ.ขอนแก่น
32. บ้านทุ่ม ม.3/2 ต.บ้านทุ่ม อ.เมือง จ.ขอนแก่น
33. วัดโพธิ์กลาง ม.3/3 ต.บ้านทุ่ม อ.เมือง จ.ขอนแก่น
34. บ้านทุ่ม ม.3/4 ต.บ้านทุ่ม อ.เมือง จ.ขอนแก่น
35. บ้านทุ่ม ม.3/5 ต.บ้านทุ่ม อ.เมือง จ.ขอนแก่น
36. บ้านม่วง ม.10/1 ต.บ้านทุ่ม อ.เมือง จ.ขอนแก่น
37. บ้านม่วง ม.10/2 ต.บ้านทุ่ม อ.เมือง จ.ขอนแก่น
38. วัดมณฑป ม.10/3 ต.บ้านทุ่ม อ.เมือง จ.ขอนแก่น

NO. สถานที่เก็บ

39. หน้าศูนย์ทดลองหม่อนไหมจุดที่ 1 ต.บ้านทุ่ม อ.เมือง จ.ขอนแก่น

40. หน้าศูนย์ทดลองหม่อนไหมจุดที่ 2 ต.บ้านทุ่ม อ.เมือง จ.ขอนแก่น

41. บ้านอาจารย์อังคณา บ่อตื้น ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น

42. บ้านอาจารย์รัตนา บ่อบาดาล ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น

43. บ้านอาจารย์นำชัย บ่อบาดาล ต.ในเมือง อ.ในเมือง จ.ขอนแก่น

44. บ้านอาจารย์วัฒนา บ่อลึก ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น

45. บ้านอาจารย์รังสรรค์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น

46. บ้านป้าอังคณา ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น

47. น้ำประปาบ้านอาจารย์รัตนา ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น

48. น้ำประปาในห้องปฏิบัติการเคมี คณะวิทยาศาตร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น

49. น้ำกรองภาควิชาเคมีชั้น2 คณะวิทยาศาสตร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น

50. น้ำจากสระพลาสติกมหาวิทยาลัยขอนแก่น ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น

ตัวอย่างที่ 1-46 เป็นน้ำบาดาล

2.1.2.2 วิธีการทดลอง

น้ำตัวอย่างถ้าขุ่นให้กรองน้ำก่อนทำการวิเคราะห์ แต่ถ้าน้ำตัวอย่างใส ทำการทดลองได้เลย เตรียมตัวอย่างได้โดยปิเปตน้ำตัวอย่างมา 25 cm^3ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 cm^3 ปรับปริมาตรด้วยสารละลาย TISAB จนถึงขีดเขย่าให้เข้ากัน ถ่ายใส่บีกเกอร์ขนาด 100 cm^3 คนด้วยเครื่องคนแล้ววัดศักย์ใช้เวลาประมาณ 3 นาที ในแต่ละตัวอย่าง ทำซ้ำ 2 ครั้ง

2.1.2.3 ผลการทดลอง

ผลการทดลองวัดค่าศักย์ของน้ำตัวอย่างทั้งหมดดังตารางที่ 5 ของตัวอย่างที่ 1-21, 6 ของตัวอย่างที่ 22-40 และ 7 ของตัวอย่างที่ 41-50 เนื่องจากการวัดค่าศักย์ด้วยเทคนิคนี้ จะต้องวัดศักย์ของสารละลายตัวอย่างเทียบกับสารละลายมาตรฐาน อย่างต่อเนื่องเพราะเป็นการอ่านค่าศักย์สัมพัทธ์ (relative potential) ในการทดลองได้ทำการสุ่มตัวอย่าง 3 ครั้ง จึงทำให้ต้องเทียบกราฟมาตรฐาน 3 ครั้ง ในแต่ละครั้งของการทดลอง ข้อมูลสำหรับกราฟมาตรฐานดังตารางที่ 4

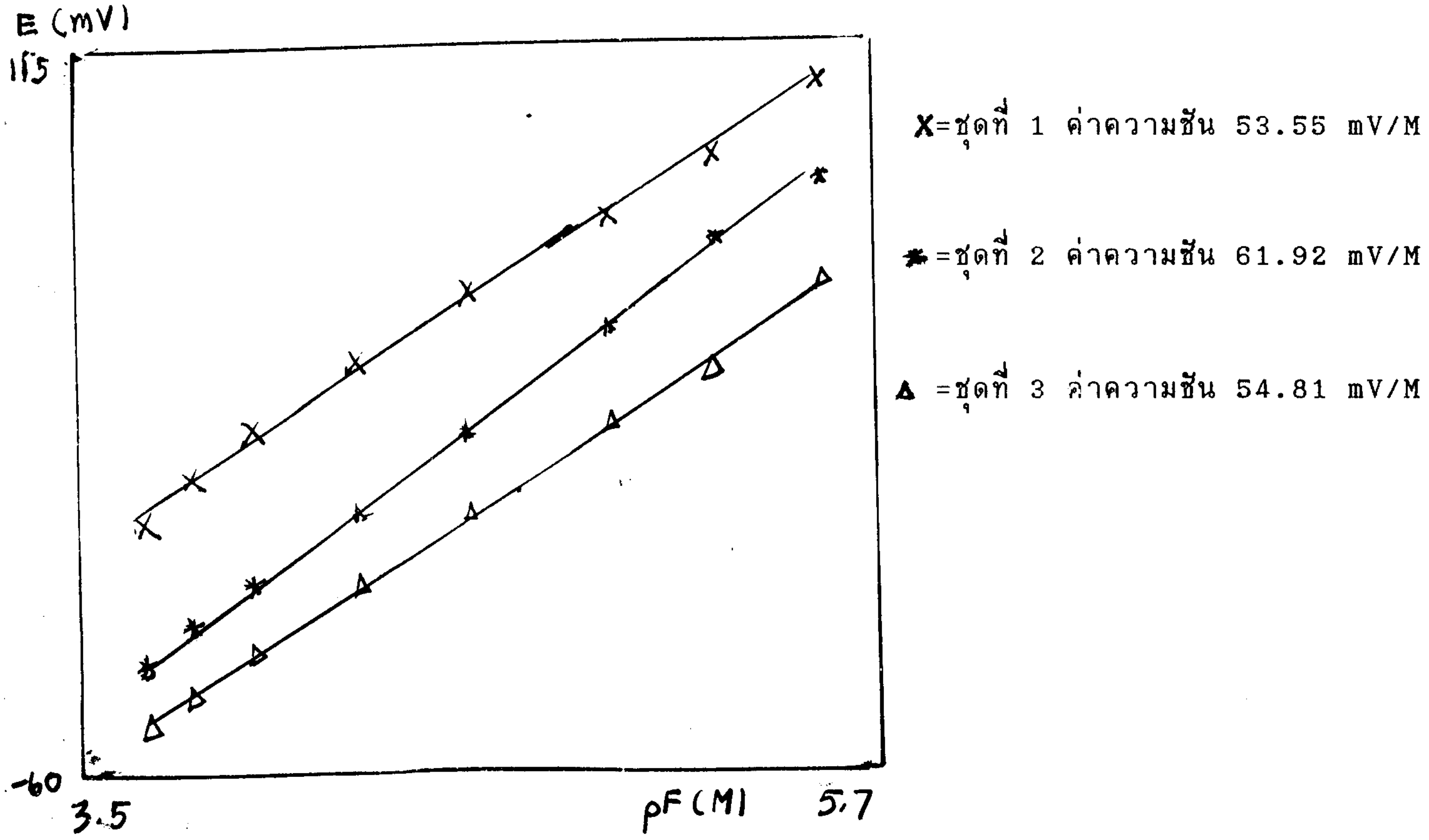
ตารางที่ 4 แสดงค่าศักย์ของขั้วไฟฟ้า (E) ที่ความเข้มข้นของสารละลายฟลูออไรด์มาตรฐานต่าง ๆ กันครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ที่อุณหภูมิ 26-27 °C โดยแต่ละครั้งวัดสารตัวอย่างอย่างต่อเนื่อง

NO.	[F–] (ppm)	[F–] (M)	pF (M)	E ครั้งที่ 1 เฉลี่ย(mV)	E ครั้งที่ 2 เฉลี่ย(mV)	E ครั้งที่ 3 เฉลี่ย(mV)
1	0.00	0.00	-	132	101	69
2	0.05	$2.632x10^{-6}$	5.580	106	83	58
3	0.10	$5.265x10^{-6}$	5.279	89	68	38
4	0.20	$1.053x10^{-5}$	4.978	74	47	25
5	0.50	$2.635x10^{-5}$	4.580	56	23	4
6	1.00	$5.265x10^{-5}$	4.279	39	3	-13
7	2.00	$1.053x10^{-4}$	3.978	23	-14	-30
8	3.00	$1.579x10^{-4}$	3.802	11	-25	-41
9	4.00	$2.106x10^{-4}$	3.678	1	-34	-48

จากข้อมูลในตารางนำไปเขียนกราฟมาตรฐานระหว่างค่า pF กับค่าศักย์ไฟฟ้า (E) ครั้งที่ 1 หาฟลูออไรด์ในน้ำตัวอย่างที่ 1 - 21 ครั้งที่ 2 หาฟลูออไรด์ในน้ำตัวอย่างที่ 22 - 40 ครั้งที่ 3 หาฟลูออไรด์ในน้ำตัวอย่างที่ 41 - 50

หมายเหตุ

ในการหาปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำตัวอย่างไม่สามารถจะกระทำพร้อมกันทั้ง 50 ตัวอย่างได้ จึงแบ่งการวิเคราะห์หาเป็น 3 ครั้ง โดยสร้างกราฟมาตรฐานขึ้น 3 ครั้ง เช่นกันเพื่อให้ได้สภาวะเดียวกันในการวิเคราะห์



ภาพที่ 7 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักย์ไฟฟ้า:E (mV) กับ pF ของการทดลองหาปริมาณฟลูออไรด์ครั้งที่ 1, ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3

ตารางที่ 5 แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าและปริมาณฟลูออไรด์ของน้ำตัวอย่าง ครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิ 26°C โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ ของตัวอย่างที่ 1-21

NO.	pF(M)		ค่าศักย์ไฟฟ้า(mV)		ความเข้มข้นของฟลูออไรด์(ppm)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	4.800	4.775	65	63	0.300	0.320	0.315
2	5.675	5.675	112	112	0.040	0.040	0.040
3	5.450	5.500	100	103	0.067	0.060	0.064
4	5.275	5.250	90	89	0.101	0.107	0.104
5	5.300	5.375	92	95	0.095	0.085	0.090
6	4.925	4.975	71	74	0.226	0.201	0.214
7	5.075	5.050	80	78	0.160	0.169	0.165
8	4.900	4.875	70	69	0.239	0.253	0.241
9	5.125	5.075	82	80	0.142	0.160	0.151
10	4.700	4.725	59	61	0.379	0.358	0.361
11	4.950	5.000	73	75	0.213	0.190	0.202
12	5.300	5.275	91	90	0.095	0.101	0.098
13	5.400	5.375	97	95	0.076	0.080	0.078
14	4.250	4.300	35	38	1.068	0.952	1.010
15	4.875	4.925	69	71	0.253	0.226	0.240
16	5.050	5.025	78	77	0.169	0.179	0.174
17	5.275	5.225	90	88	0.101	0.113	0.107
18	5.575	5.500	107	103	0.051	0.060	0.054
19	5.500	5.450	103	100	0.060	0.067	0.064
20	5.150	5.175	83	84	0.134	0.127	0.131

ตารางที่ 6 แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าและปริมาณฟลูออไรด์ของน้ำตัวอย่างครั้งที่ 2 ที่อุณหภูมิ 27°C โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ ของตัวอย่างที่ 22-40

NO.	pF(M)		ค่าศักย์ไฟฟ้า(mV)		ความเข้มข้นของฟลูออไรด์(ppm)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
21	5.375	5.400	96	97	0.080	0.077	0.079
22	5.675	5.650	90	89	0.040	0.043	0.042
23	5.725	5.700	93	92	0.036	0.038	0.037
24	5.700	5.675	92	90	0.038	0.040	0.039
25	5.475	5.525	77	80	0.064	0.057	0.061
26	5.250	5.275	63	65	0.107	0.101	0.104
27	5.075	5.050	52	50	0.160	0.169	0.165
28	5.225	5.200	61	60	0.113	0.120	0.117
29	5.425	5.450	74	75	0.071	0.067	0.069
30	5.525	5.575	81	83	0.057	0.051	0.054
31	5.750	5.700	94	92	0.034	0.038	0.036
32	5.325	5.375	68	71	0.090	0.080	0.085
33	5.575	5.525	83	81	0.051	0.057	0.054
34	5.750	5.800	94	97	0.034	0.030	0.032
35	5.475	5.525	77	80	0.067	0.057	0.061
36	5.775	5.800	95	97	0.032	0.030	0.031
37	5.800	5.700	97	92	0.030	0.038	0.034
38	5.525	5.575	81	84	0.057	0.051	0.054
39	5.825	5.875	99	102	0.028	0.025	0.027
40	5.825	5.900	99	103	0.028	0.024	0.026

ตารางที่ 7 แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าและปริมาณฟลูออไรด์ของน้ำตัวอย่างครั้งที่ 3 ที่อุณหภูมิ 26°C โดยการทำการทดลอง 2 ซ้ำ ของตัวอย่างที่ 41-50

NO.	pF(M)		ค่าศักย์ไฟฟ้า(mV)		ความเข้มข้นของฟลูออไรด์(ppm)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
41	5.700	5.725	63	65	0.038	0.036	0.037
42	5.975	5.925	79	76	0.020	0.023	0.022
43	5.875	5.950	73	77	0.025	0.021	0.023
44	5.825	5.850	70	72	0.028	0.027	0.028
45	5.925	5.925	76	76	0.023	0.023	0.023
46	5.975	6.000	78	80	0.020	0.019	0.020
47	5.850	5.800	72	69	0.027	0.030	0.029
48	5.925	5.900	76	75	0.023	0.024	0.024
49	5.975	6.050	79	83	0.020	0.017	0.019
50	5.850	5.900	72	79	0.027	0.024	0.026

2.2 การวัดค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะ

2.2.1 เครื่องมือ

คอนดักติวิตีมิเตอร์ ยี่ห้อ Radiometer Copenhagen โมเดล CDM 80 conductivity meter พร้อมขั้วไฟฟ้า

เครื่องคนพร้อมเม็ดคน

2.2.2 สารเคมี

0.01M KCl

2.2.3 วิธีการวัด

เปิดเครื่องคอนดักโตมิเตอร์ อุ่นเครื่องอย่างน้อย 15 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิเครื่องให้ได้ 25 องศาเซลเซียส แล้วคาลิเบทเซลล์ด้วยสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ ปรับค่าความนำไฟฟ้าจำเพาะของสารละลายมาตรฐานให้ได้ 1409 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตรล้างขั้วไฟฟ้าด้วยน้ำกลั่นแล้วซับด้วยกระดาษทิชชูให้แห้งจึงนำไปวัดค่าความนำไฟฟ้าของสารตัวอย่าง โดยใช้น้ำตัวอย่างประมาณ 100 cm^3 ลงในบีกเกอร์ขนาด 150 cm^3 ใช้เครื่องคนพร้อมขั้วไฟฟ้าลงวัดในน้ำตัวอย่างให้ท่วมขั้ว อ่านค่าความนำไฟฟ้าที่วัดได้เมื่อค่าคงที่

2.2.4 ผลการทดลอง

ผลการทดลองวัดค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะ ของน้ำตัวอย่าง ทั้งหมด 50 ตัวอย่างดังตารางที่ 8

2.3 การวัดสภาพความเป็นกรด-ด่าง

2.3.1 เครื่องมือ

พี-เอชมิเตอร์ ยี่ห้อ Radiometer Copenhagen โมเดล PHM 80 Portable pH meter พร้อมขั้วไฟฟ้า

เครื่องคนพร้อมเม็ดคน

2.3.2 สารเคมี

สารละลายบัฟเฟอร์พี-เอช 4 และ 7

2.3.3 วิธีการวัด

1. จัดตั้งอุปกรณ์เครื่อง pH meter พร้อมขั้วไฟฟ้าแก้วคอมมิเนชัน เปิดเครื่อง
2. ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างขั้วไฟฟ้าให้สะอาดและใช้กระดาษทิชชูซับให้แห้ง
3. คาลิเบทเซลล์ด้วยบัฟเฟอร์พี-เอช 4 และ 7 ตามลำดับ
4. ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างขั้วอีกครั้งแล้วซับให้แห้ง
5. ใช้เครื่องคนพร้อมกับวัดพี-เอชของน้ำตัวอย่างอ่านค่าเมื่อได้ค่าพี-เอชคงที่ โดยที่อุณหภูมิของสารตัวอย่างต้องใกล้เคียงกับบัฟเฟอร์ที่ใช้คาลิเบทเครื่อง

2.3.4 ผลการทดลอง

ผลการทดลองวัดค่าสภาพความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำตัวอย่างทั้งหมดดังตารางที่ 8

ท 63914
หอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์หาค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะ (μS/cm) และค่าความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำตัวอย่าง 50 ตัวอย่าง

NO.	ค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะ (S/cm)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)
1	1563	8.1
2	3000	7.6
3	1135	8.0
4	2270	7.6
5	1032	7.8
6	2330	8.3
7	882	8.2
8	548	8.3
9	372	8.1
10	9040	7.7
11	4970	7.6
12	1430	8.3
13	1937	7.7
14	1000	8.3
15	8410	7.7
16	804	8.3
17	3850	7.7
18	2300	7.8
19	2470	7.7
20	3100	8.1
21	824	8.0

ตารางที่ 8 (ต่อ)

NO.	ค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะ (S/cm)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)
22	2560	7.8
23	2030	7.8
24	3690	7.2
25	2820	7.8
26	1216	7.9
27	5330	8.3
28	4380	8.2
29	5370	8.4
30	1827	8.3
31	4420	8.2
32	4960	8.1
33	6660	7.8
34	4250	8.1
35	3360	8.1
36	3110	7.8
37	3170	7.4
38	3230	7.8
39	498	8.2
40	1066	8.1

ตารางที่ 8 (ต่อ)

NO.	ค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะ (S/cm)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)
41	1379	7.8
42	103	7.4
43	169	7.5
44	2310	7.7
45	332	7.9
46	272	8.3
47	291	8.0
48	236	7.8
49	31	8.3
50	206	7.9