

บทที่ 3

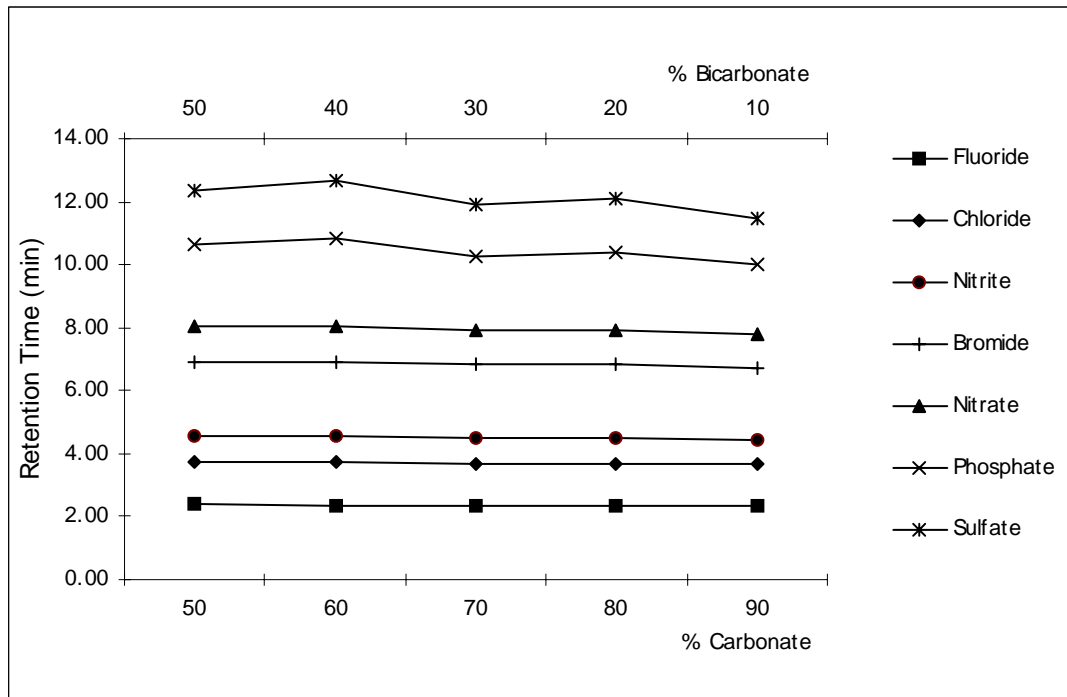
ผลการทดลอง

3.1 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณแอนไอออน (F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , PO_4^{3-} และ SO_4^{2-})

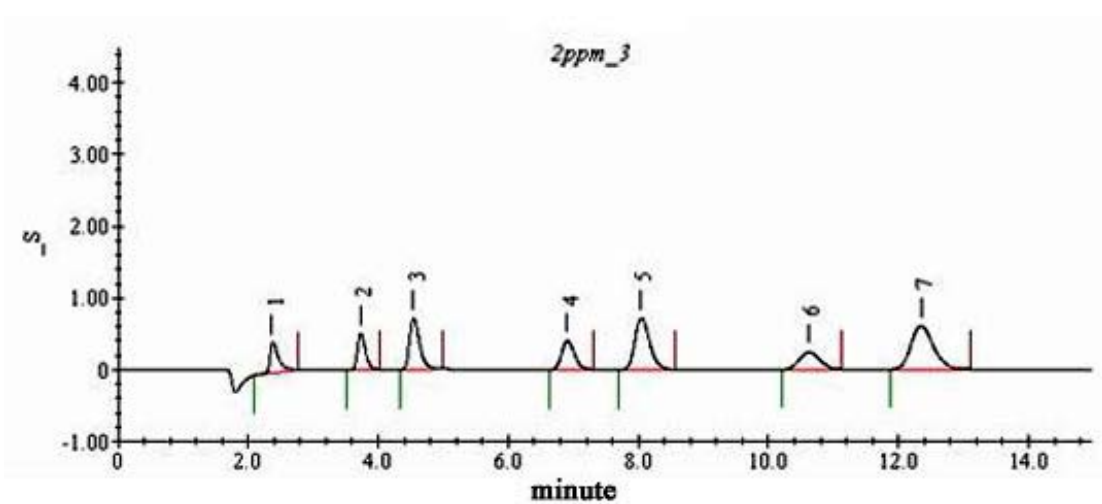
3.1.1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบคาร์บอเนต ซึ่งใช้เป็นตัวชะในการวิเคราะห์ปริมาณแอนไอออน

ตารางที่ 3.1 ค่า retention Time ของแอนไอออนแต่ละชนิด เมื่อใช้ความเข้มข้นของตัวชะต่างๆ กัน

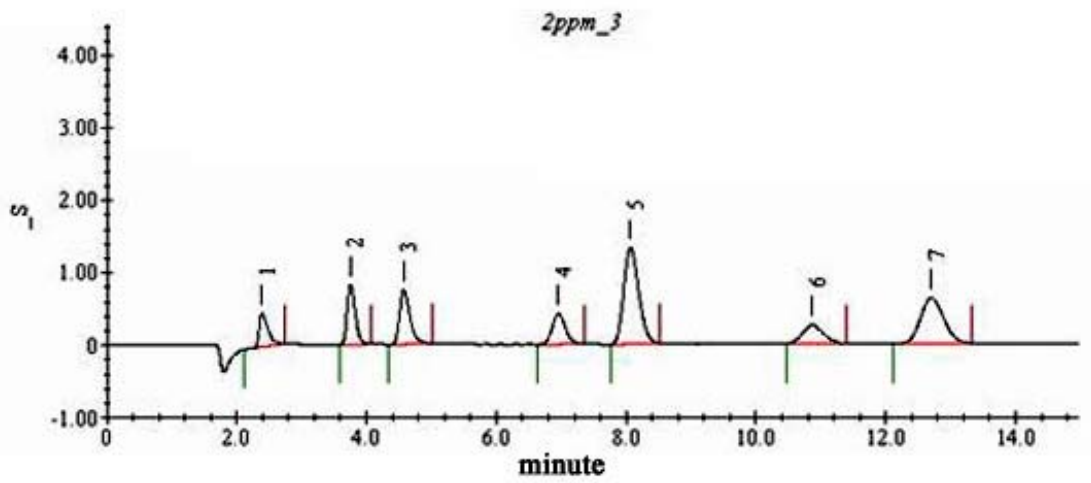
% HCO_3^-	% CO_3^{2-}	Retention Time (min)						
		F^-	Cl^-	NO_2^-	Br^-	NO_3^-	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}
50	50	2.38	3.73	4.55	6.90	8.03	10.63	12.37
40	60	2.37	3.75	4.57	6.93	8.05	10.83	12.67
30	70	2.33	3.68	4.48	6.82	7.92	10.27	11.90
20	80	2.37	3.70	4.50	6.83	7.95	10.40	12.08
10	90	2.35	3.65	4.43	6.73	7.82	9.98	11.45



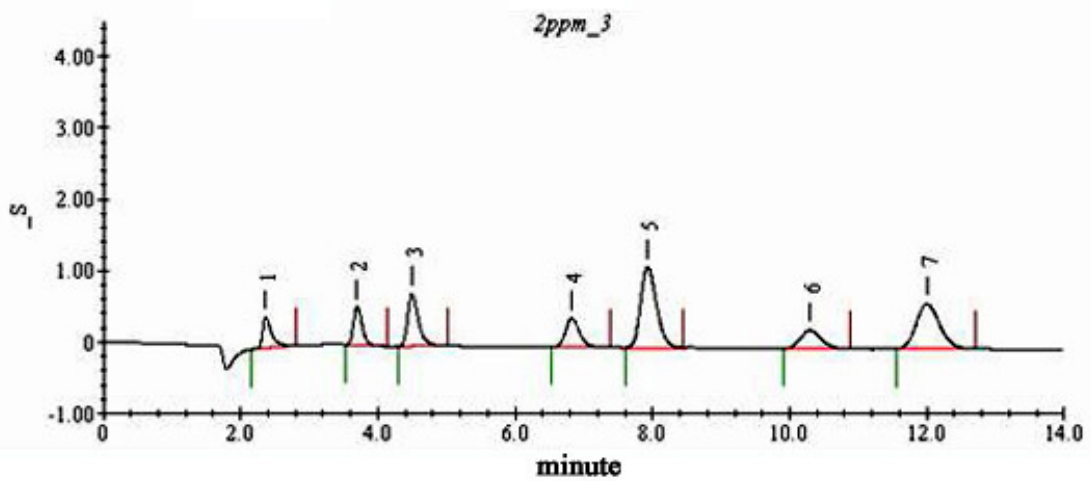
รูปที่ 3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตัวชะกับค่า retention time ของแอนไอออนแต่ละชนิด



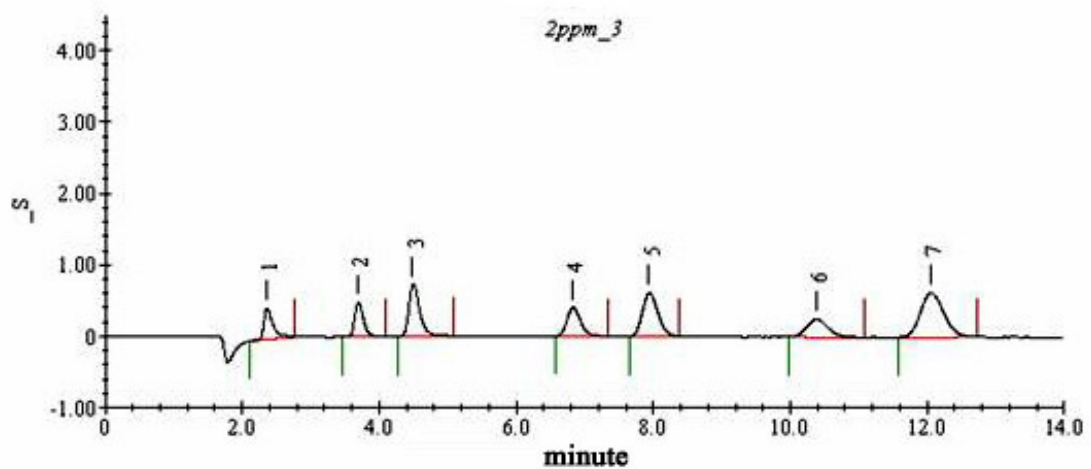
รูปที่ 3.2 ที่ 1.5 mM Na_2CO_3 / 1.5 mM NaHCO_3



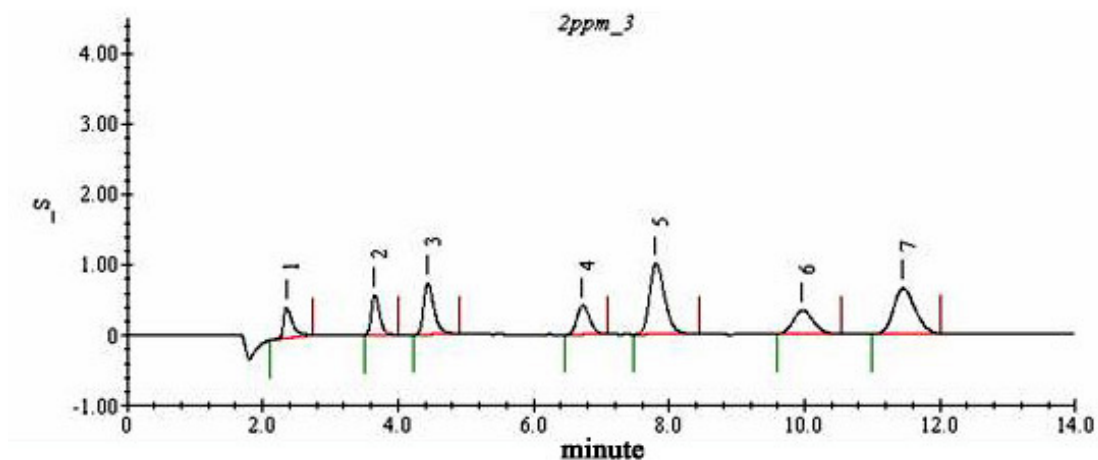
รูปที่ 3.2 ข 1.8 mM Na_2CO_3 / 1.2 mM NaHCO_3



รูปที่ 3.2 ค 2.1 mM Na_2CO_3 / 0.9 mM NaHCO_3



รูปที่ 3.2 ง 2.4 mM Na_2CO_3 / 0.6 mM NaHCO_3



รูปที่ 3.2 จ 2.7 mM Na₂CO₃ / 0.3 mM NaHCO₃

รูปที่ 3.2 ลักษณะพีคที่ได้ของแต่ละไอออน เมื่อใช้ความเข้มข้นของตัวชะต่างๆ กัน

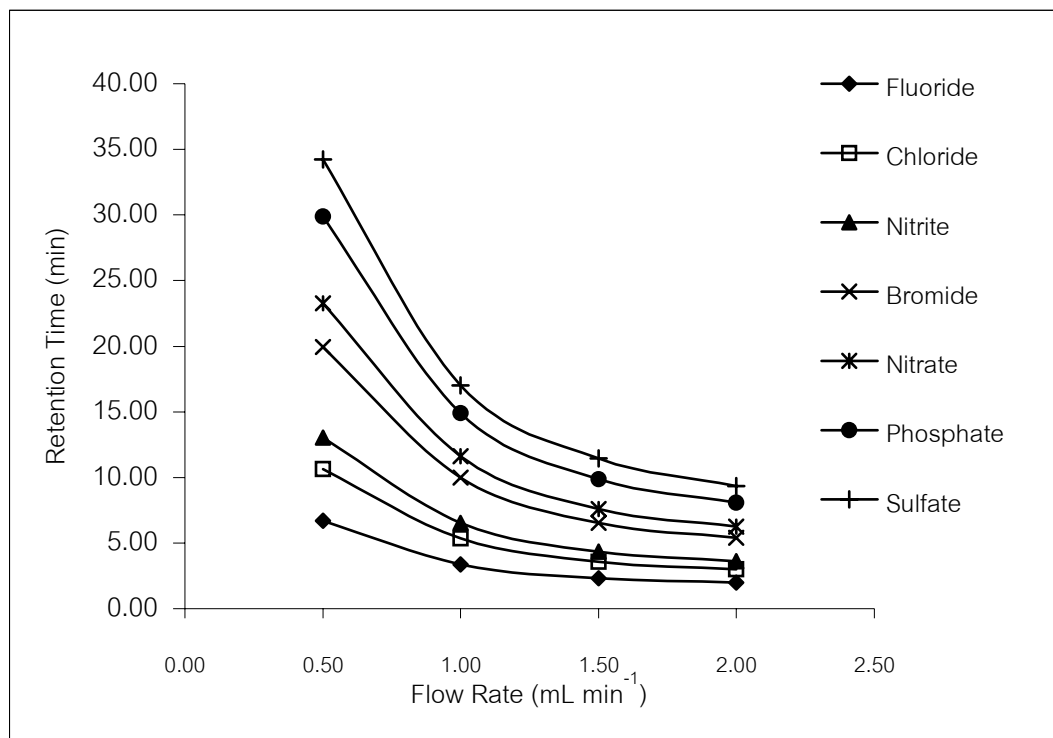
(1= fluoride, 2=chloride, 3=nitrite, 4=bromide, 5=nitrate, 6=phosphate และ 7=sulfate)

จากตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.2 จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบคาร์บอเนต ไม่มีผลต่อการแยกของ F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, Br⁻ และ NO₃⁻ แต่มีผลต่อการแยกของ PO₄³⁻ และ SO₄²⁻ และพบว่าความเข้มข้นของสารละลายความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ทำให้การแยกของ PO₄³⁻ และ SO₄²⁻ ดีและใช้เวลาน้อยที่สุดคือ 2.7 mM Na₂CO₃ และ 0.3 mM NaHCO₃

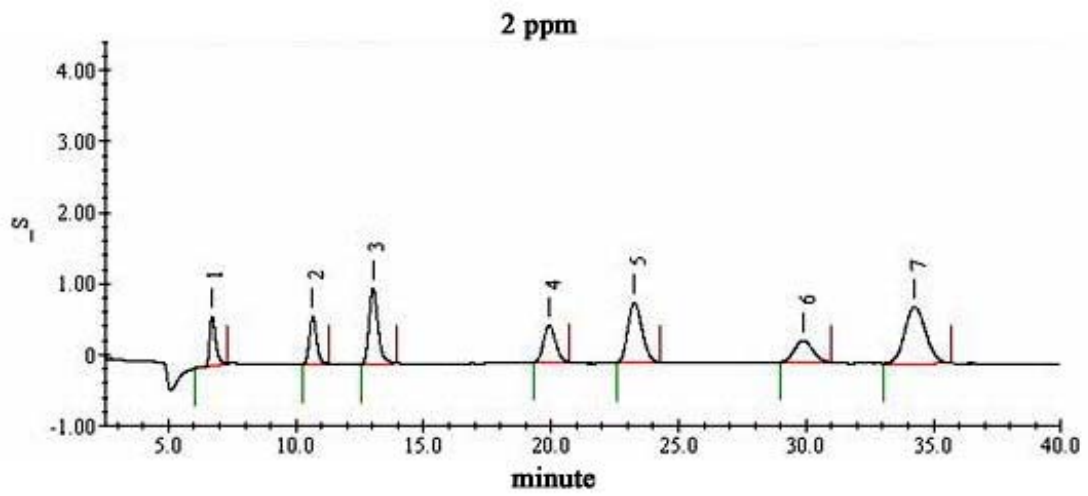
3.1.2 ผลของอัตราการไหลของสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบคาร์บอเนต ซึ่งใช้เป็นตัวชะในการวิเคราะห์ปริมาณแอนไอออน

ตารางที่ 3.2 ค่า retention time ของแอนไอออนแต่ละชนิด เมื่อใช้อัตราการไหลของตัวชะต่างๆ กัน

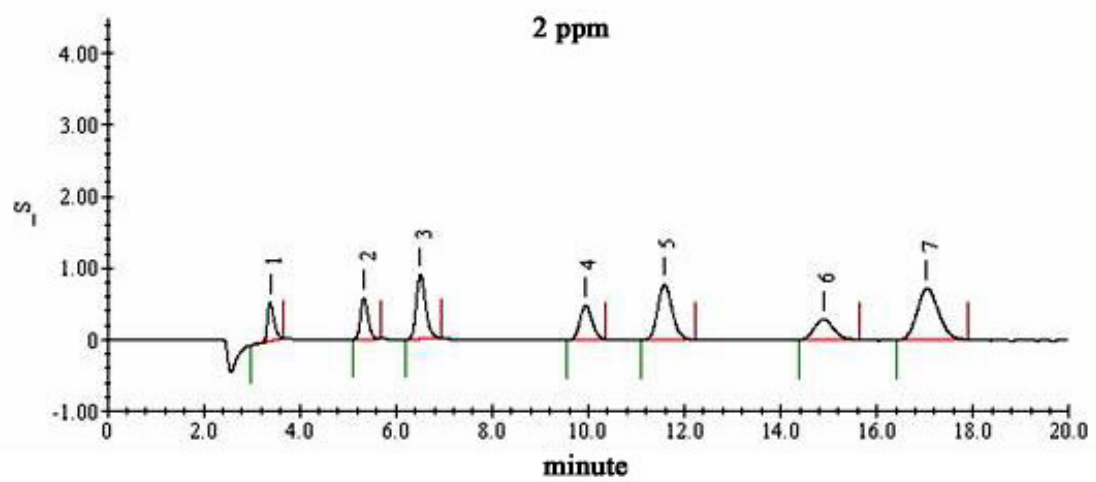
Flow Rate mL min ⁻¹	Pressure psi	Retention Time (min)						
		F ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻
0.50	600	6.70	10.65	13.02	19.93	23.27	29.90	34.25
1.00	1100	3.38	5.35	6.52	9.98	11.63	14.90	17.02
1.50	1600	2.32	3.58	4.35	6.53	7.60	9.88	11.45
2.00	1900	1.97	3.02	3.63	5.42	6.27	8.08	9.32



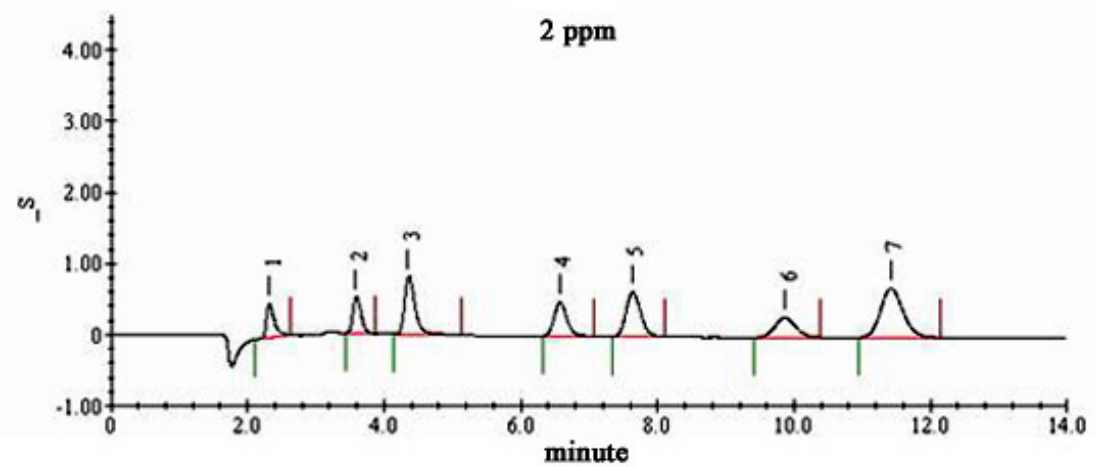
รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของตัวชะ กับค่า retention time ของแอนไอออนแต่ละชนิด



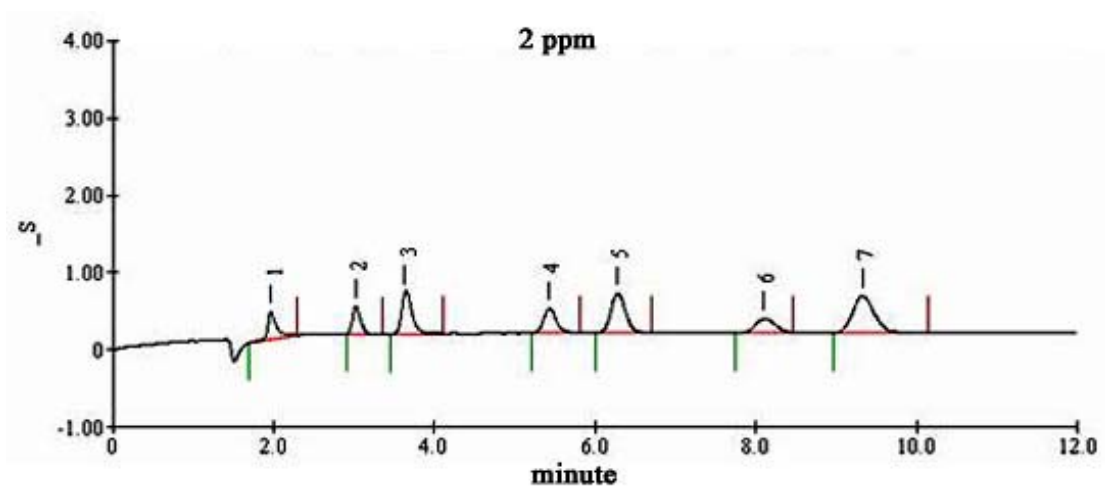
รูปที่ 3.4 ก อัตราการไหล 0.5 mL min⁻¹



รูปที่ 3.4 ข อัตราการไหล 1.0 mL min⁻¹



รูปที่ 3.4 ค อัตราการไหล 1.5 mL min⁻¹



รูปที่ 3.4 ง อัตราการไหล 2.0 mL min⁻¹

รูปที่ 3.4 ลักษณะพีคที่ได้ของแต่ละไอออนเมื่อใช้อัตราการไหลของตัวชะต่าง ๆ กัน

(1=fluoride, 2=chloride, 3=nitrite, 4=bromide, 5=nitrate, 6=phosphate และ 7=sulfate, ก = อัตราการไหล 0.5 mL min⁻¹, ข= อัตราการไหล 1.0 mL min⁻¹, ค= อัตราการไหล 1.5 mL min⁻¹, และ ง = อัตราการไหล 2.0 mL min⁻¹)

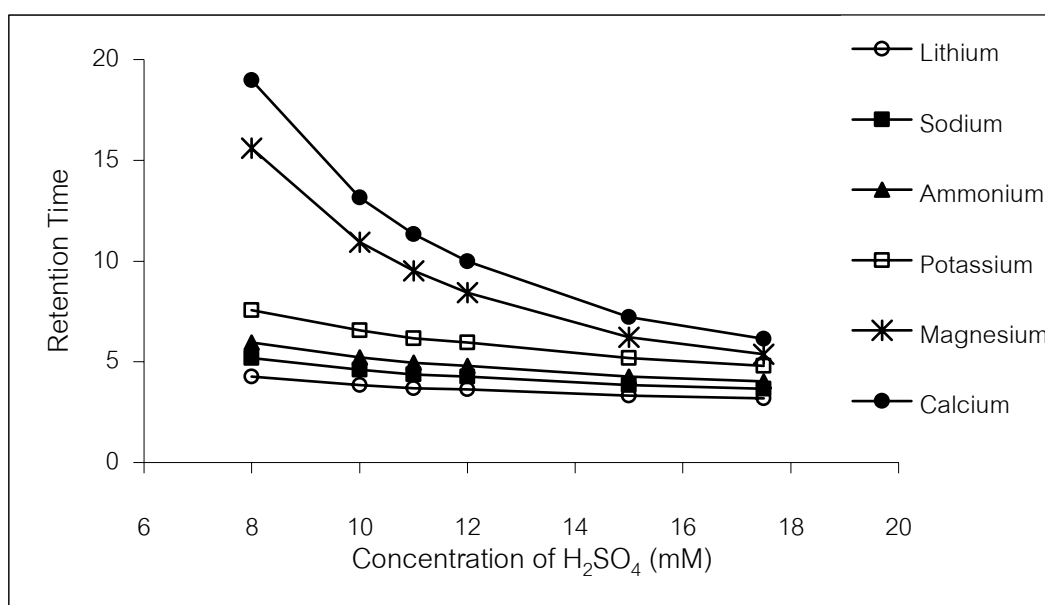
จากการศึกษาอัตราการไหลของสารละลายบัฟเฟอร์ โซเดียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบคาร์บอเนต ที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสมจากผลการทดลองข้อ 3.1.1 (2.7 mM Na₂CO₃ + 0.3 mM NaHCO₃) เมื่อเปรียบเทียบค่า retention time ของแต่ละ ไอออนและความดันของคอลัมน์พบว่า อัตราการไหล 1.5 mL min⁻¹ ใช้เวลาในการวิเคราะห์น้อย การแยกของพีคดี และความดันภายในคอลัมน์ไม่เกินกว่าที่กำหนดไว้ (น้อยกว่า 1950 psi)

3.2 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณแคตไอออน (Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , และ Ca^{2+})

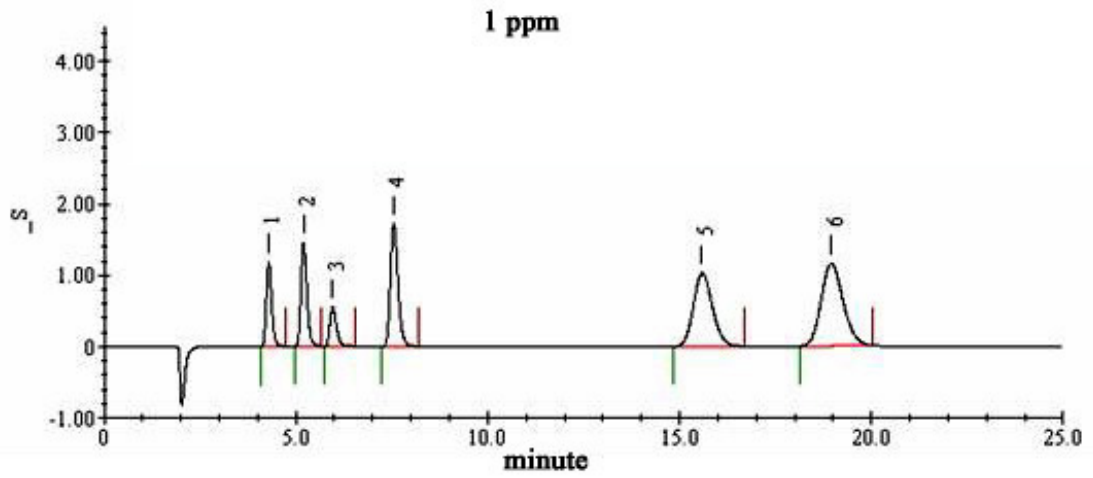
3.2.1 ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟิวริก ที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ปริมาณแคตไอออน ด้วยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี

ตารางที่ 3.3 ค่า retention Time ของแคตไอออนแต่ละชนิด เมื่อใช้ความเข้มข้นของตัวชะต่างๆ กัน

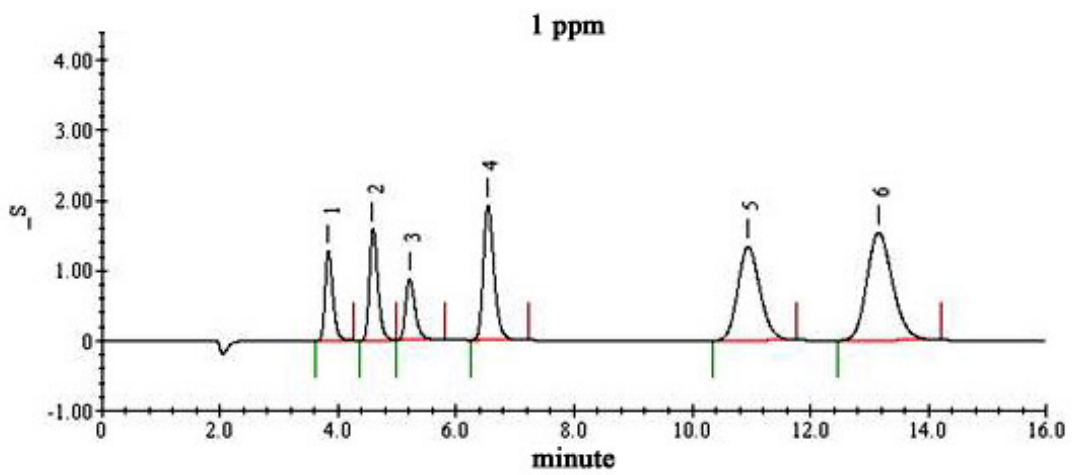
Concentration of H_2SO_4 (mM)	Retention Time (min)					
	Li^+	Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
8	4.28	5.20	5.95	7.55	15.60	18.97
10	3.85	4.60	5.23	6.57	10.93	13.15
11	3.68	4.38	4.95	6.17	9.50	11.33
12	3.63	4.28	4.80	5.95	8.42	9.98
15	3.32	3.85	4.27	5.20	6.22	7.22
17.5	3.18	3.65	4.02	4.80	5.38	6.13



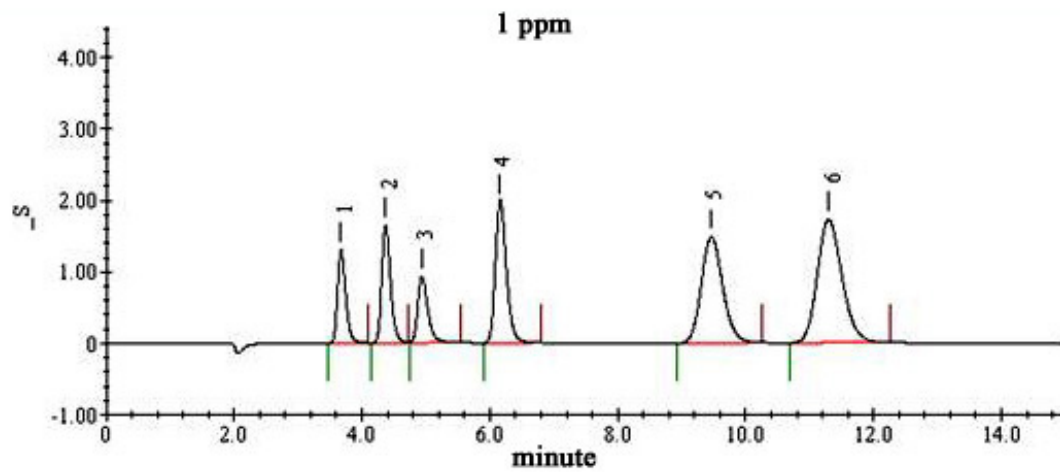
รูปที่ 3.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟิวริก กับค่า retention Time ของแคตไอออนแต่ละชนิด



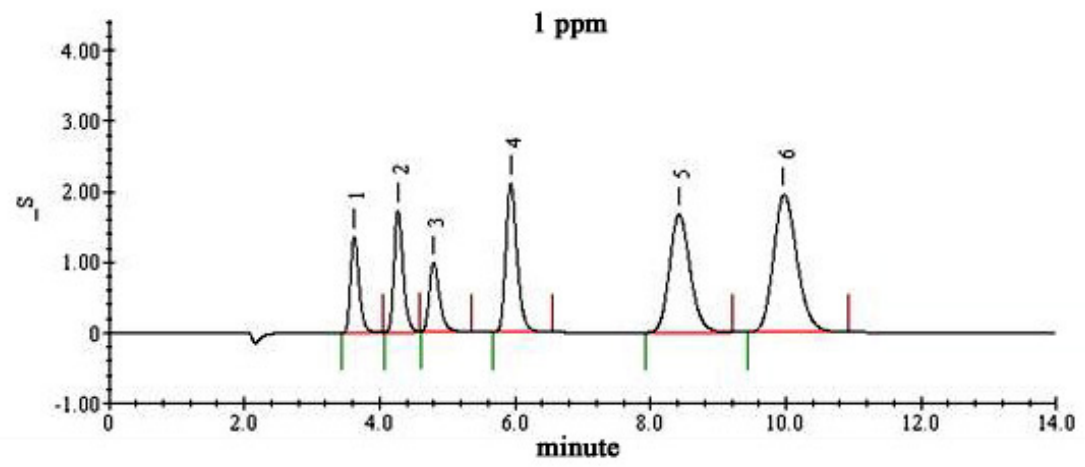
รูปที่ 3.6 ก 8 mM H₂SO₄



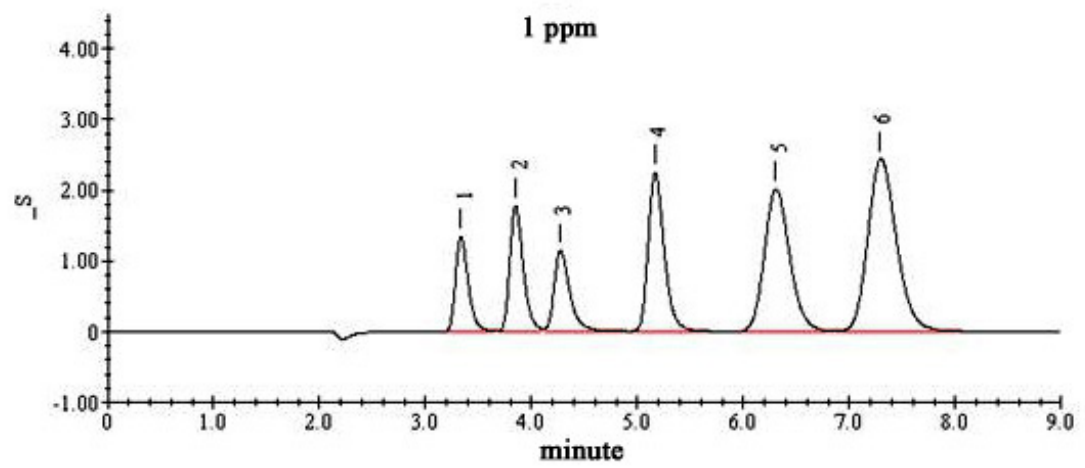
รูปที่ 3.6 ข 10 mM H₂SO₄



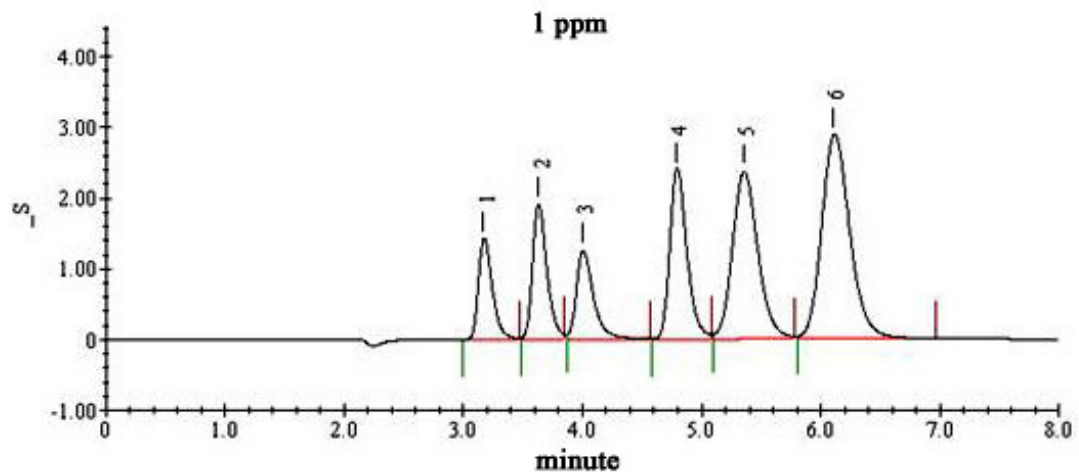
รูปที่ 3.6 ค 11 mM H₂SO₄



รูปที่ 3.6 ถึง 12 mM H₂SO₄



รูปที่ 3.6 ถึง 15 mM H₂SO₄



รูปที่ 3.6 ณ 17.5 mM H₂SO₄

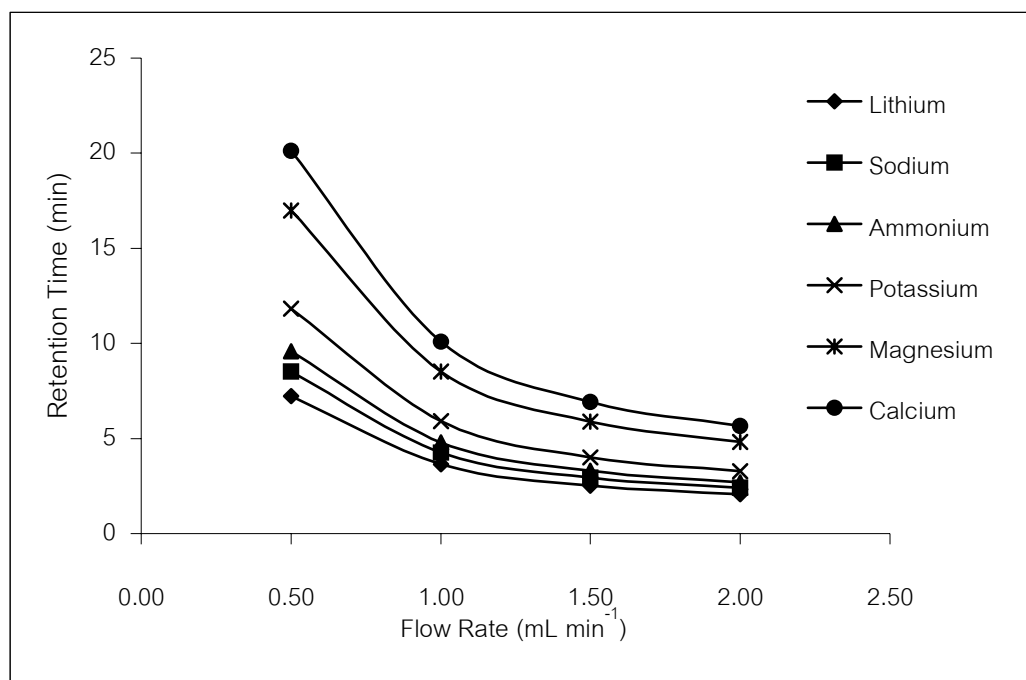
รูปที่ 3.6 ลักษณะพีคที่ได้ของแคตไอออนแต่ละชนิด เมื่อใช้ความเข้มข้นของตัวชะต่างกัน (1=lithium, 2=sodium, 3=ammonium, 4=potassium, 5=magnesium และ 6=calcium)

จากตารางที่ 3.3 และรูปที่ 3.6 จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริก เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ หรือค่า retention time จะลดลง แต่การแยกของพีค (resolution) ก็น้อยลงด้วย ดังนั้นความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณแคตไอออน คือ 12 mM เพราะใช้เวลาในการวิเคราะห์น้อย การแยกของพีคดี ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 3.7

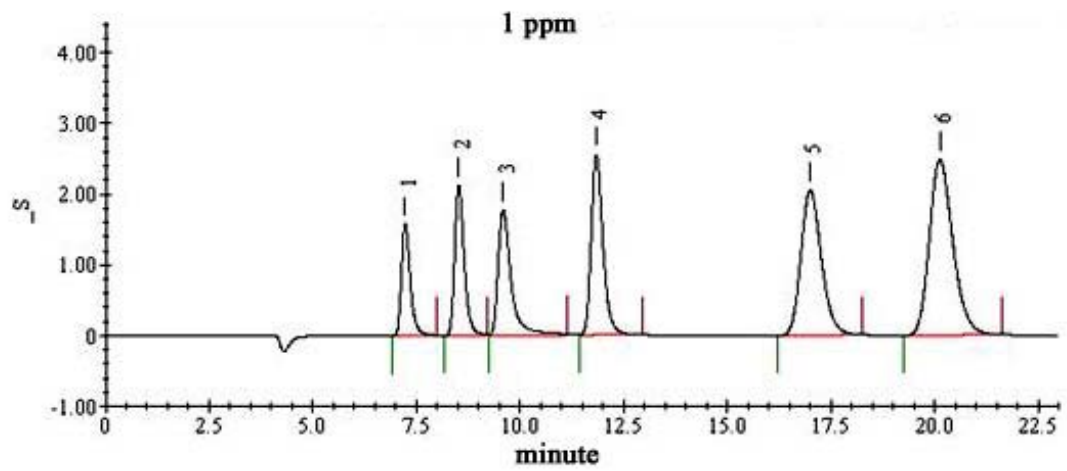
3.2.2 ผลการศึกษาอัตราการไหลของสารละลายกรดซัลฟิวริก ที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ปริมาณแคดไอออน ด้วยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี

ตารางที่ 3.4 ค่า retention time ของแคดไอออนแต่ละชนิด เมื่อใช้อัตราการไหลของตัวชะต่างๆ กัน

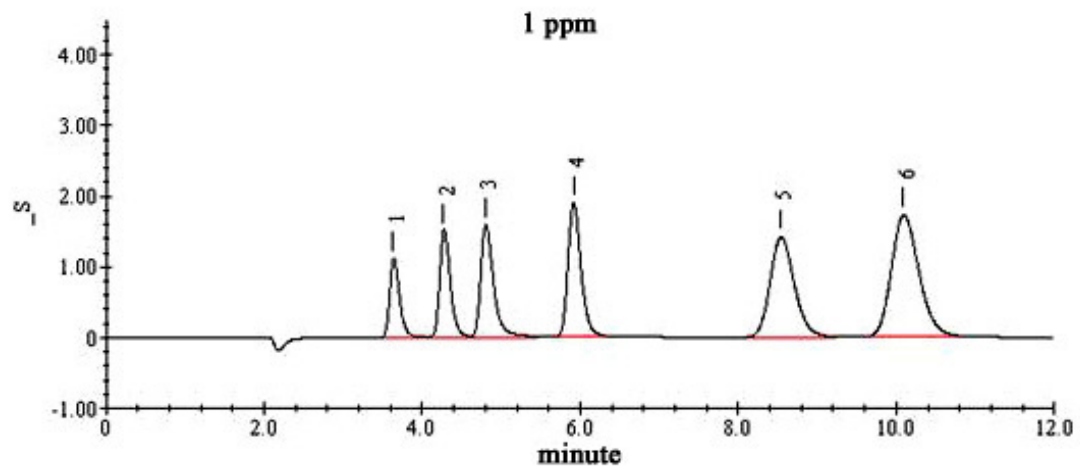
Flow Rate (mL min ⁻¹)	Pressure (psi)	Retention time (min)					
		Li ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
0.50	500	7.22	8.52	9.58	11.83	16.98	20.12
1.00	1100	3.63	4.27	4.80	5.92	8.53	10.08
1.50	1550	2.52	2.93	3.30	4.02	5.88	6.93
2.00	1850	2.07	2.42	2.70	3.28	4.82	5.65



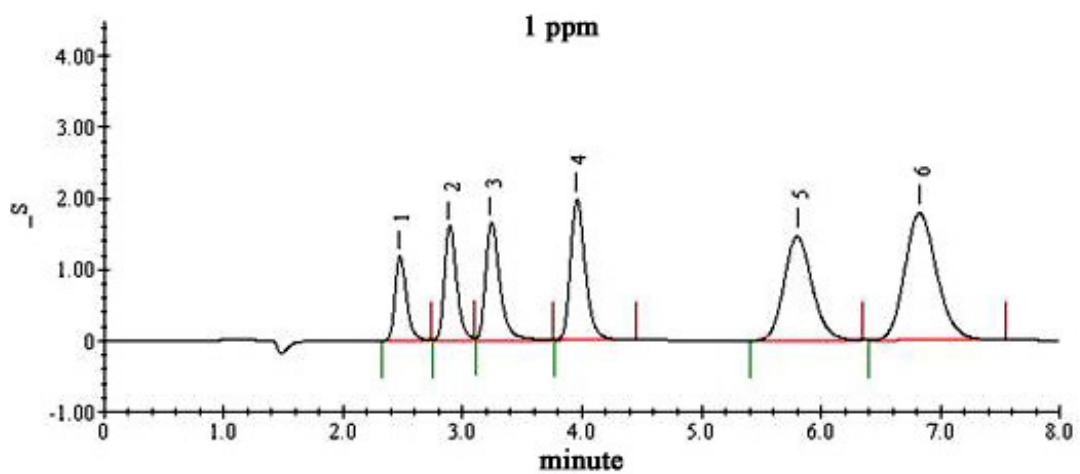
รูปที่ 3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของตัวชะ กับค่า retention time ของแคดไอออนแต่ละชนิด



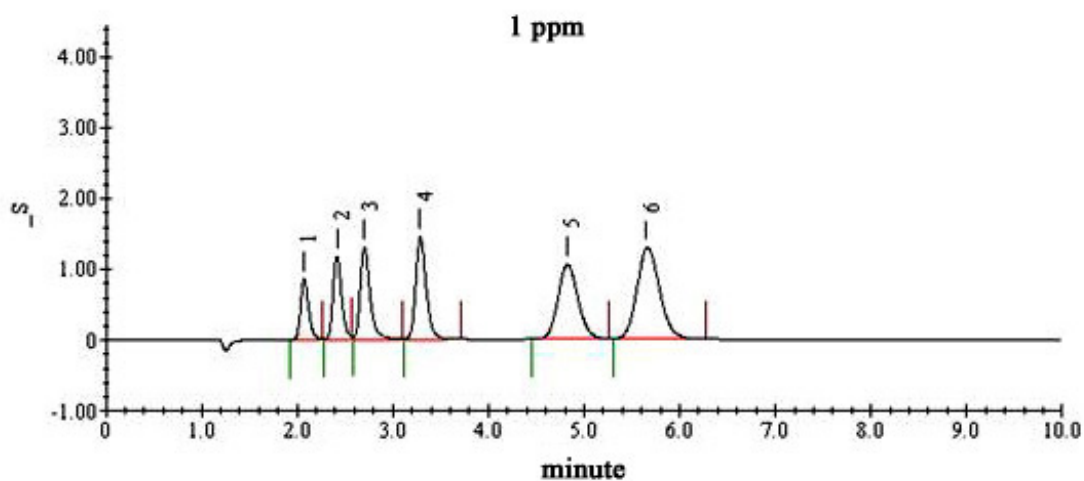
รูปที่ 3.8 ก อัตราการไหล 0.5 mL min^{-1}



รูปที่ 3.8 ข อัตราการไหล 1.0 mL min^{-1}



รูปที่ 3.8 ค อัตราการไหล 1.5 mL min^{-1}



รูปที่ 3.8 ง อัตราการไหล 2.0 mL min⁻¹

รูปที่ 3.8 ลักษณะพีคที่ได้ของแต่ละไอออน เมื่อใช้อัตราการไหลของตัวชะต่างๆ กัน

(1=lithium, 2=sodium, 3=ammonium, 4=potassium, 5=magnesium และ 6=calcium; ก = อัตราการไหล 0.5 mL min⁻¹, ข= อัตราการไหล 1.0 mL min⁻¹, ค= อัตราการไหล 1.5 mL min⁻¹, และ ง = อัตราการไหล 2.0 mL min⁻¹)

จากผลการศึกษาอัตราการไหลของกรดซัลฟิวริกที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ปริมาณแคดไอออน พบว่า เมื่อทำการทดลองโดยใช้ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่เหมาะสมจากผลการทดลองข้อ 3.2.1 นั่นคือ 12 mM และเปรียบเทียบค่า retention time การแยกของพีค และค่าความดันของคอลัมน์ พบว่าอัตราการไหล 1.00 mL min⁻¹ ให้ค่าการแยกที่ดี และค่าความดันของคอลัมน์ไม่เกินค่าที่กำหนด

3.3 ช่วงความเป็นเส้นตรง (linear range) ขีดจำกัดการตรวจวัด (limit of detection) ความถูกต้อง (accuracy) และความแม่นยำ (precision) ของการวิเคราะห์แอนไอออน

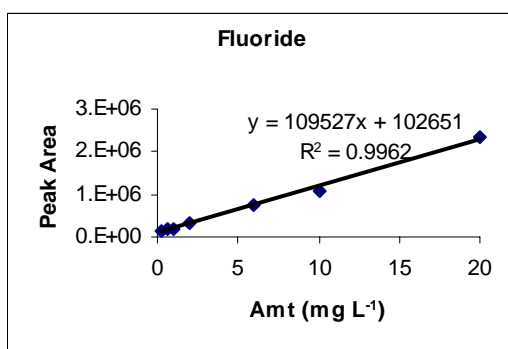
3.3.1 ช่วงความเป็นเส้นตรง (linear range) และ ช่วงความเข้มข้นของกราฟมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ (application range)

ตารางที่ 3.5 ช่วงความเป็นเส้นตรง (linear range) ของการวิเคราะห์แอนไอออน

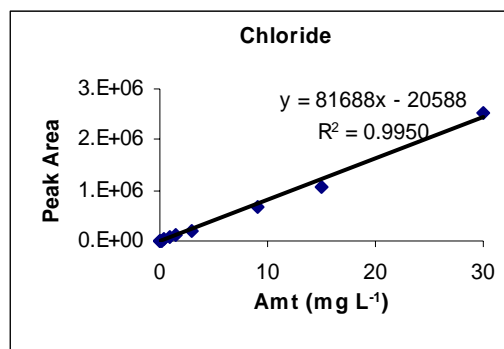
Ion	Linear Range (mg L ⁻¹) ^a	Linearity (R ²)
Fluoride	0.02 – 20 ^b	0.9962
Chloride	0.03 – 30 ^b	0.9950
Nitrite	0.10 – 100 ^b	0.9993
Bromide	0.10 – 100 ^b	0.9971
Nitrate	0.10 – 100 ^b	0.9969
Phosphate	0.15 – 150 ^b	0.9971
Sulfate	0.15 – 150 ^b	0.9968

^a ช่วงความเป็นเส้นตรงของไอออน 10 จุด

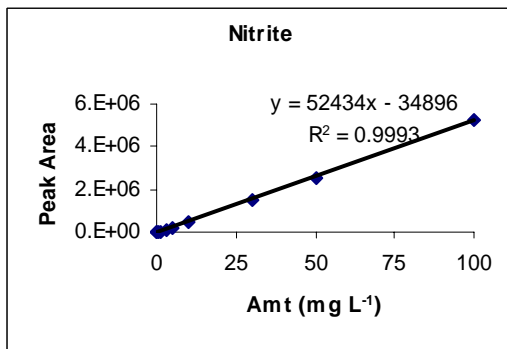
^b ความเข้มข้นสูงสุดของ Stock Anion Standard Slution



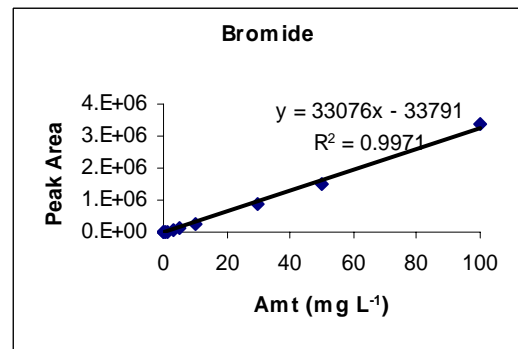
รูปที่ 3.9 ช่วงความเป็นเส้นตรงของฟลูออไรด์
(0.02 – 20 mg L⁻¹)



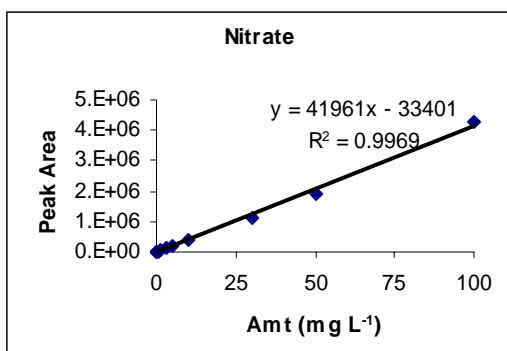
รูปที่ 3.10 ช่วงความเป็นเส้นตรงของคลอไรด์
(0.03 – 30 mg L⁻¹)



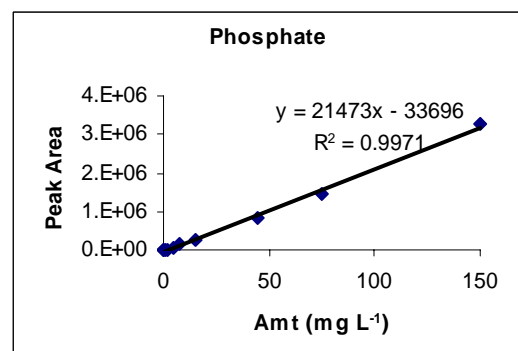
รูปที่ 3.11 ช่วงความเป็นเส้นตรงของไนไตรต์
(0.10 – 100 mg L⁻¹)



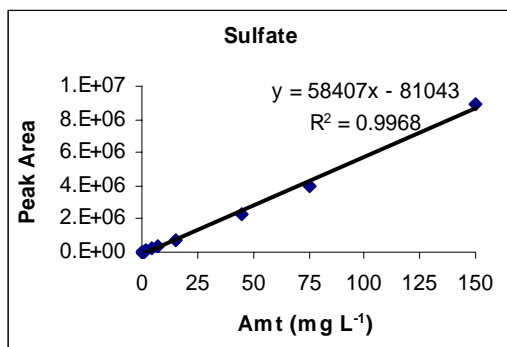
รูปที่ 3.12 ช่วงความเป็นเส้นตรงของโบรไมด์
(0.10 – 100 mg L⁻¹)



รูปที่ 3.13 ช่วงความเป็นเส้นตรงของไนเตรต
(0.10 – 100 mg L⁻¹)



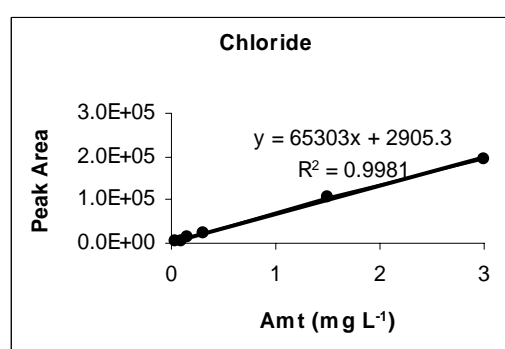
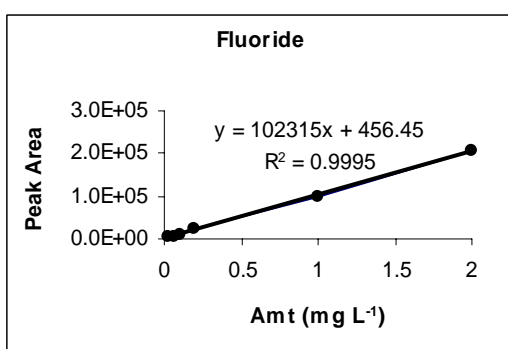
รูปที่ 3.14 ช่วงความเป็นเส้นตรงของฟอสเฟต
(0.15 – 150 mg L⁻¹)



รูปที่ 3.15 ช่วงความเป็นเส้นตรงของซัลเฟต
(0.15 – 150 mg L⁻¹)

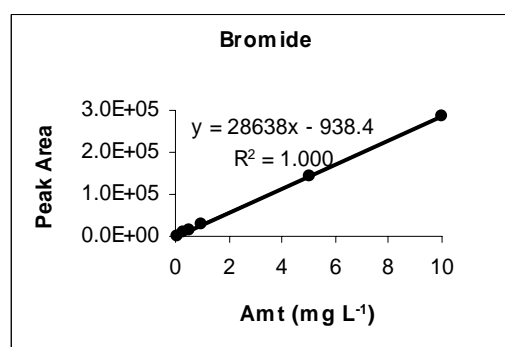
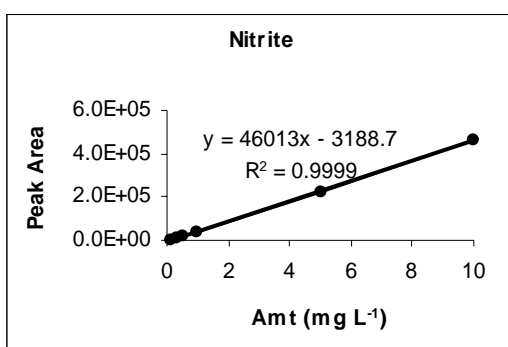
ตารางที่ 3.6 ช่วงความเข้มข้นของกราฟมาตรฐาน (application range) สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณแอนไอออนในตัวอย่าง

Ion	Application Range (mg L ⁻¹)	Linearity (R ²)
Fluoride	0.02 – 2.00	0.9995
Chloride	0.03 – 3.00	0.9991
Nitrite	0.10 – 10.00	0.9999
Bromide	0.10 – 10.00	1.0000
Nitrate	0.10 – 10.00	0.9994
Phosphate	0.15 – 15.00	0.9999
Sulfate	0.15 – 15.00	1.0000



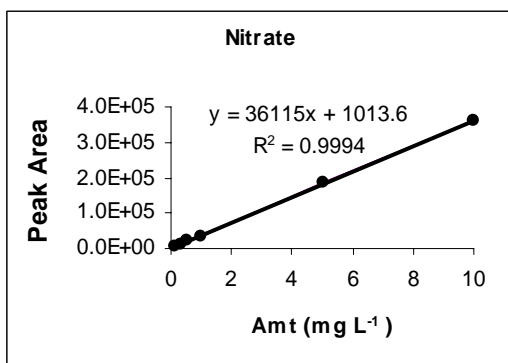
รูปที่ 16 กราฟมาตรฐานของฟลูออไรด์
(0.02 – 2.00 mg L⁻¹)

รูปที่ 17 กราฟมาตรฐานของคลอไรด์
(0.03 – 3.00 mg L⁻¹)

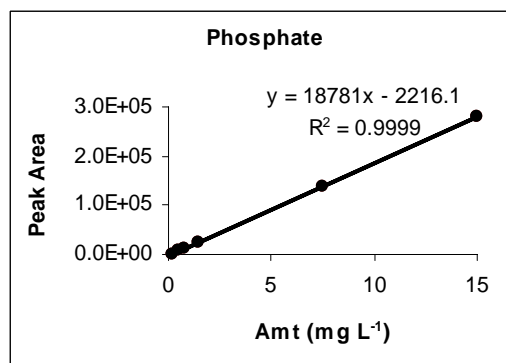


รูปที่ 3.18 กราฟมาตรฐานของไนไตรต์
(0.10 – 10 mg L⁻¹)

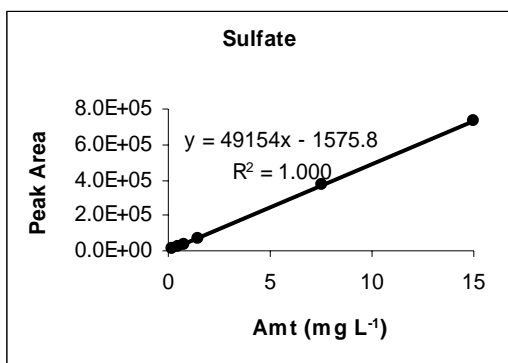
รูปที่ 3.19 กราฟมาตรฐานของโบรไมด์
(0.10 – 10 mg L⁻¹)



รูปที่ 3.20 กราฟมาตรฐานของไนเตรต
(0.10 – 10 mg L⁻¹)



รูปที่ 3.21 กราฟมาตรฐานของฟอสเฟต
(0.15 – 15 mg L⁻¹)



รูปที่ 3.22 กราฟมาตรฐานของซัลเฟต
(0.15 – 15 mg L⁻¹)

จากผลการศึกษาช่วงความเข้มข้นของ F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, Br⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, และ SO₄²⁻ ที่ให้ผลการตอบสนองเป็นเส้นตรงโดยช่วงความเข้มข้นที่ทำการศึกษา คือ 0.02 – 20, 0.03 – 30, 0.10 – 100, 0.10 – 100, 0.10 – 100, 0.15 – 150 และ 0.15 – 150 mg L⁻¹ ตามลำดับ พบว่าช่วงความเข้มข้นที่ศึกษาของ F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, Br⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, และ SO₄²⁻ ให้ค่าความเป็นเส้นตรง (R²) มากกว่า 0.9950 โดยมีค่าเป็น 0.9962, 0.9950, 0.9993, 0.9971, 0.9969, 0.9971 และ 0.9968 ตามลำดับ และช่วงความเข้มข้นของสารละลายแอนไอออนที่เลือกใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, Br⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, และ SO₄²⁻ คือ 0.02 – 2.00, 0.03 – 3.00, 0.10 – 10.00, 0.10 – 10.00, 0.10 – 10.00, 0.15 – 15.00 และ 0.15 – 15.00 mg L⁻¹ ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าความเป็นเส้นตรง (R²) เป็น 0.9995, 0.9991, 0.9999, 1.0000, 0.9994, 0.9999 และ 1.0000 ตามลำดับ

3.3.2 ขีดจำกัดการตรวจวัด (limit of detection)

ผลการวิเคราะห์ขีดจำกัดการตรวจวัด ที่ได้จากการวิเคราะห์ F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , และ SO_4^{2-} เข้มข้น 0.04, 0.06, 0.20, 0.20, 0.20, 0.30 และ 0.30 $mg L^{-1}$ ตามลำดับ 7 ครั้ง พบว่าขีดจำกัดการตรวจวัด โดยคำนวณได้จากผลคูณของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์กับ 3.14 ซึ่งเป็นค่า Student's t - value (99%) เมื่อจำนวนครั้งการวิเคราะห์เท่ากับ 7 (Pfeff *et al.*, 1999; Dionex, 2001) พบว่าค่าขีดจำกัดการตรวจวัดของ F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , และ SO_4^{2-} เท่ากับ 6.60, 6.90, 16.00, 22.90, 103.30 และ 28.90 $\mu g L^{-1}$ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ขีดจำกัดการตรวจวัดของการวิเคราะห์ปริมาณแอนไอออนใน reagent blank (deionized water)

Ion	Added Amount ($mg L^{-1}$)	S.D. (n = 7)	MDL ($\mu g L^{-1}$)
Fluoride	0.04	0.002	6.60
Chloride	0.06	0.002	6.90
Nitrite	0.20	0.005	16.00
Bromide	0.20	0.005	16.60
Nitrate	0.20	0.007	22.90
Phosphate	0.30	0.033	103.30
Sulfate	0.30	0.009	28.90

3.3.3 ความถูกต้อง (accuracy)

ผลการศึกษาความถูกต้องของการวิเคราะห์ จากการหาร้อยละการได้กลับคืนของการวิเคราะห์ (% recovery) โดยการวิเคราะห์ F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , และ SO_4^{2-} เข้มข้น 0.04, 0.06, 0.20, 0.20, 0.20, 0.30 และ 0.30 $mg L^{-1}$ ตามลำดับ ทั้งในน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ซึ่งถือเป็นแบลนด์ และในตัวอย่างน้ำฝน จำนวน 7 ซ้ำ พบว่า ค่าร้อยละการได้กลับคืนของการวิเคราะห์ปริมาณ F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , และ SO_4^{2-} ในน้ำปราศจากไอออนซึ่งใช้เป็น reagent water เป็นร้อยละ 122.50, 88.33, 115.00, 110.00, 95.00, 113.33 และ 106.67 ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ตามวิธีการของ U.S.EPA (90 – 115 %) ยกเว้นฟลูออไรด์และโบรไมด์ ส่วนค่าร้อยละการได้กลับคืนของการวิเคราะห์ในน้ำฝนตัวอย่าง

เป็นร้อยละ 120.00, 80.95, 120.00, 110.00, 93.14, 120.00 และ 83.21 ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ตามวิธีการของ U.S.EPA (75 – 125 %) แสดงว่า matrices ในน้ำฝนไม่มีผลต่อการวิเคราะห์ปริมาณแอนไอออนด้วยวิธีการนี้ ดังแสดงในตารางที่ 3.8 และ 3.9 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.8 ความถูกต้องในการวิเคราะห์ปริมาณแอนไอออน reagent blank (deionized water)

Ion	Added Amount (mg L ⁻¹)	Found Amount (mg L ⁻¹)	% R
Fluoride	0.04	0.049	122.50
Chloride	0.06	0.053	88.33
Nitrite	0.20	0.235	115.00
Bromide	0.20	0.217	110.00
Nitrate	0.20	0.188	95.00
Phosphate	0.30	0.342	113.33
Sulfate	0.30	0.319	106.67

ตารางที่ 3.9 ความถูกต้องในการวิเคราะห์ปริมาณแอนไอออนในน้ำฝน (rainwater)

Ion	Added Amount (mg L ⁻¹)	Sample Amount (mg L ⁻¹)	Found Amount (mg L ⁻¹)	% R
Fluoride	0.04	0.00	0.048	120.00
Chloride	0.06	4.34	3.56	80.95
Nitrite	0.20	0.00	0.24	120.00
Bromide	0.20	0.00	0.22	110.00
Nitrate	0.20	0.57	0.72	93.14
Phosphate	0.30	0.00	0.36	120.00
Sulfate	0.30	2.01	1.92	83.01

3.3.4 ความแม่นยำ (precision)

ผลการศึกษาความแม่นยำ (precision) ของการวิเคราะห์ปริมาณ (amount precision) และค่า retention time (t_R precision) โดยการวิเคราะห์ F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , และ SO_4^{2-} เข้มข้น 0.04, 0.06, 0.20, 0.20, 0.20, 0.30 และ 0.30 $mg L^{-1}$ ตามลำดับ จำนวน 7 ครั้ง พบว่า ความแม่นยำของการวิเคราะห์ทั้ง การวิเคราะห์ปริมาณ (amount precision) และค่า retention time (t_R precision) ให้ค่า % RSD น้อยกว่า 10% และน้อยกว่า 1% ตามลำดับ ซึ่งถือเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ผลการศึกษาดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ความแม่นยำของการวิเคราะห์ปริมาณแอนไอออน (amount precision) และ retention time (t_R precision)

Ion	Amount ($mg L^{-1}$)	Amount Precision (% RSD)	t_R Precision (% RSD)
Fluoride	0.04	4.32	0.65
Chloride	0.06	4.08	0.75
Nitrite	0.20	2.18	0.75
Bromide	0.20	2.45	0.71
Nitrate	0.20	3.90	0.63
Phosphate	0.30	9.60	0.36
Sulfate	0.30	2.90	0.66

3.4 ช่วงความเป็นเส้นตรง (linear range) ขีดจำกัดการตรวจวัด (limit of detection) ความถูกต้อง (accuracy) และความแม่นยำ (precision) ของการวิเคราะห์แคตไอออน

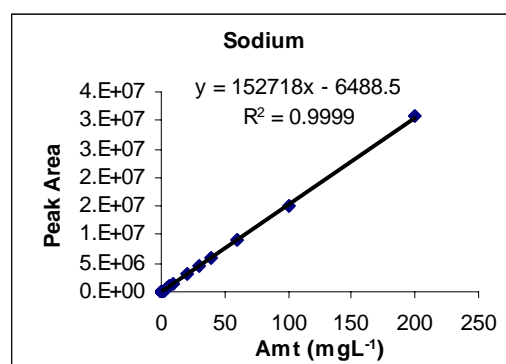
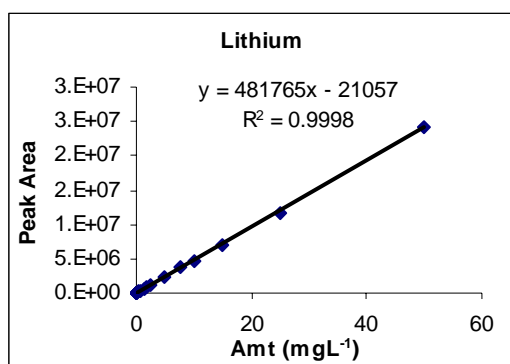
3.4.1 ช่วงความเป็นเส้นตรง (linear range) และ ช่วงความเข้มข้นของกราฟมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ (application range)

ตารางที่ 3.11 ช่วงความเป็นเส้นตรง (linear range) ของการวิเคราะห์ปริมาณแคตไอออน

Ion	Linear Range (mg L ⁻¹) ^a	Linearity (R ²)
Lithium	0.0025 – 50 ^b	0.9998
Sodium	0.0100 – 200 ^b	0.9999
Ammonium	0.0125 – 250 ^b	0.9592
Potassium	0.0250 – 500 ^b	1.0000
Magnesium	0.0125 – 250 ^b	0.9975
Calcium	0.0250 – 500 ^b	0.9999

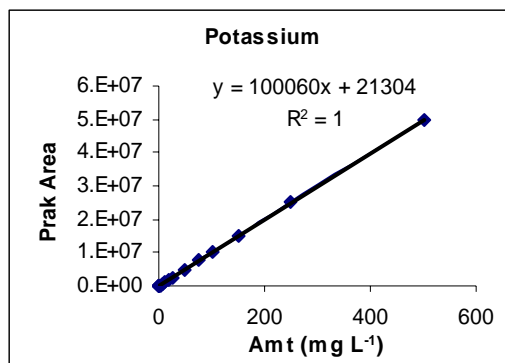
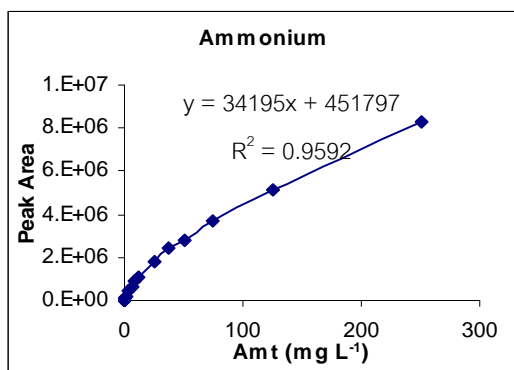
^a ช่วงความเป็นเส้นตรงของไอออน 10 จุด

^b ความเข้มข้นสูงสุดของ stock cation standard solution

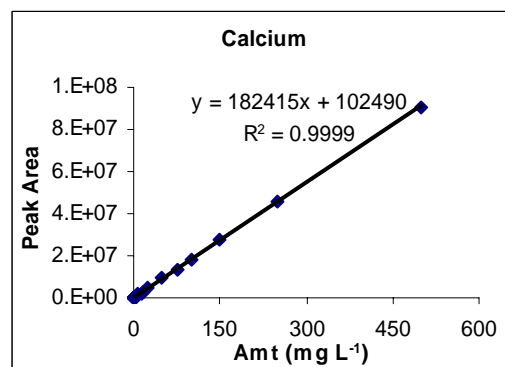
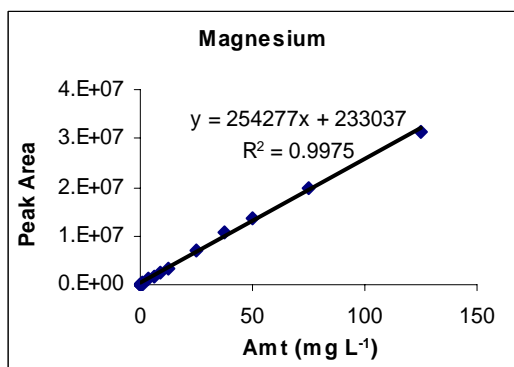


รูปที่ 3.23 ช่วงความเป็นเส้นตรงของลิเทียม (0.0025 - 50 mg L⁻¹)

รูปที่ 3.24 ช่วงความเป็นเส้นตรงของโซเดียม (0.0100 - 200 mg L⁻¹)



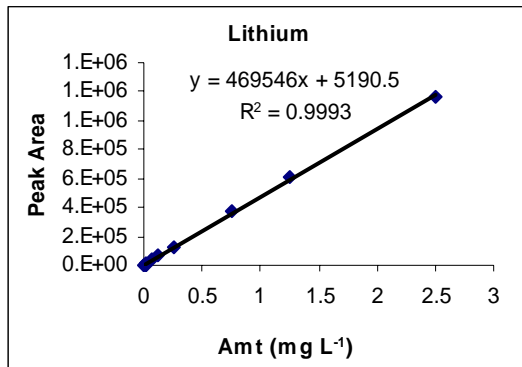
รูปที่ 3.25 ช่วงความเป็นเส้นตรงของแอมโมเนียม รูปที่ 3.26 ช่วงความเป็นเส้นตรงของโปแทสเซียม
(0.0125 – 250 mg L⁻¹) (0.0250 - 500 mg L⁻¹)



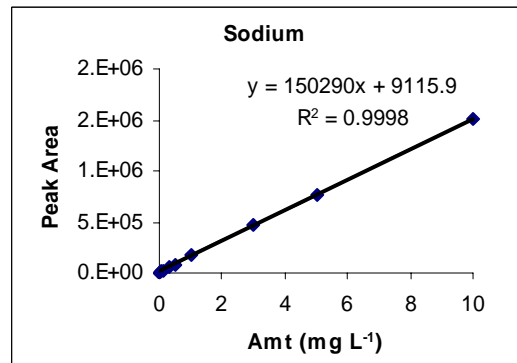
รูปที่ 3.27 ช่วงความเป็นเส้นตรงของแมกนีเซียม รูปที่ 3.28 ช่วงความเป็นเส้นตรงของแคลเซียม
(0.0125 – 250 mg L⁻¹) (0.0250 – 500 mg L⁻¹)

ตารางที่ 3.12 ช่วงความเข้มข้นของกราฟมาตรฐาน (application range) สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณแคตไอออนในตัวอย่ง

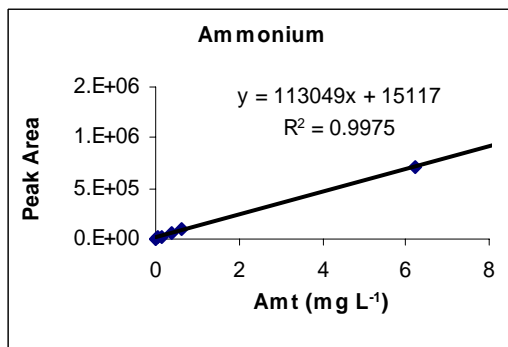
Ion	Application Range (mg L ⁻¹)	Linearity (R ²)
Lithium	0.0025 – 2.50	0.9993
Sodium	0.0100 – 10.00	0.9998
Ammonium	0.0125 – 12.50	0.9975
Potassium	0.0250 – 25.00	0.9996
Magnesium	0.0125 – 12.50	0.9994
Calcium	0.0250 – 25.00	0.9995



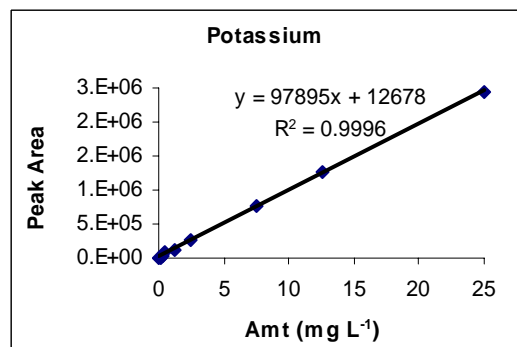
รูปที่ 3.29 กราฟมาตรฐานของลิเทียม
(0.0025 – 2.50 mg L⁻¹)



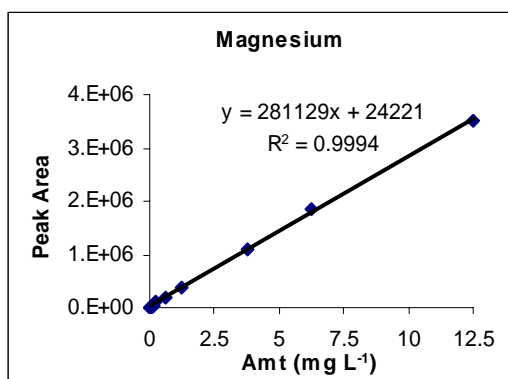
รูปที่ 3.30 กราฟมาตรฐานของโซเดียม
(0.0100 – 10.00 mg L⁻¹)



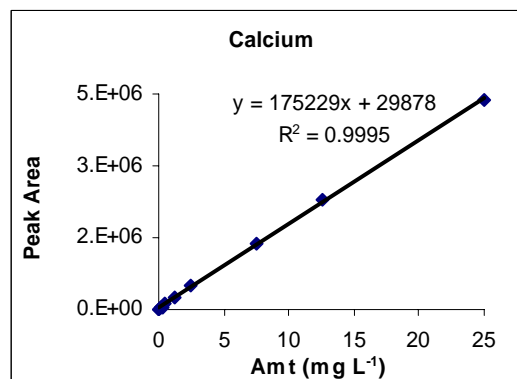
รูปที่ 3.31 กราฟมาตรฐานของแอมโมเนียม
(0.0125 – 12.50 mg L⁻¹)



รูปที่ 3.32 กราฟมาตรฐานของโปแทสเซียม
(0.0250 – 25.00 mg L⁻¹)



รูปที่ 3.33 กราฟมาตรฐานของแมกนีเซียม
(0.0125 – 12.50 mg L⁻¹)



รูปที่ 3.34 กราฟมาตรฐานของแคลเซียม
(0.0250 – 25.00 mg L⁻¹)

จากผลการศึกษาช่วงความเข้มข้นของ Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , และ Ca^{2+} ที่ให้ผลการตอบสนองเป็นเส้นตรงในการสร้างกราฟมาตรฐาน โดยช่วงความเข้มข้นที่ทำการศึกษา คือ 0.0025 – 50, 0.01 – 200, 0.0125 – 250, 0.025 – 500, 0.0125 – 250, และ 0.025 – 500 mg L^{-1} ตามลำดับ พบว่าช่วงความเข้มข้นที่ศึกษา ให้ค่าความเป็นเส้นตรง (R^2) มากกว่า 0.9950 โดยมีค่าเป็น 0.9998, 0.9999, 1.0000, 0.9975 และ 0.9999 ตามลำดับ ยกเว้น NH_4^+ ให้ค่าความเป็นเส้นตรงน้อยกว่า 0.9950 โดยเมื่อศึกษาในช่วงความเข้มข้น 0.0125 – 250 mg L^{-1} ให้ค่าความเป็นเส้นตรง 0.9592 ด้วยการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของ NH_4^+ ที่ให้ค่าความเป็นเส้นตรงมากกว่า 0.9950 คือ ช่วง 0.0125 – 12.50 mg L^{-1} และช่วงความเข้มข้นที่เลือกใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณ Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} และ Ca^{2+} คือ 0.0025 – 2.50, 0.01 – 10.00, 0.0125 – 12.50, 0.025 – 25.00, 0.0125 – 12.50, และ 0.025 – 25.00 mg L^{-1} ซึ่งให้ค่าความเป็นเส้นตรงเท่ากับ 0.9993, 0.9998, 0.9975, 0.9996, 0.9994 และ 0.9995 ตามลำดับ

3.4.2 ขีดจำกัดการตรวจวัด (limit of detection)

ผลการศึกษาขีดจำกัดการตรวจวัด ที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณ คือ Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} และ Ca^{2+} เข้มข้น 0.025, 0.100, 0.125, 0.250, 0.125, และ 0.250 mg L^{-1} ตามลำดับ พบว่าขีดจำกัดการตรวจวัด ซึ่งคำนวณได้ผลคูณของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ กับ ค่า Student's t – value ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % เมื่อจำนวนครั้งการวิเคราะห์เท่ากับ 7 ซึ่งเท่ากับ 3.14 (Pfeff *et al.*, 1999) พบว่าค่าขีดจำกัดการตรวจวัดของ Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} และ Ca^{2+} เป็น 0.10, 4.60, 12.30, 3.30, 4.10 และ 7.20 $\mu\text{g L}^{-1}$ ตามลำดับ ดังตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.13 ขีดจำกัดการตรวจวัดของการวิเคราะห์ปริมาณแคตไอออนไนต์
reagent blank (deionized water)

Ion	Added Amount (mg L^{-1})	S.D. (n = 7)	MDL ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Lithium	0.025	4.00E-5	0.10
Sodium	0.100	0.00147	4.60
Ammonium	0.125	0.00391	12.30
Potassium	0.250	0.00106	3.30
Magnesium	0.125	0.00129	4.10
Calcium	0.250	0.00228	7.20

3.4.3 ความถูกต้อง (accuracy)

ผลการศึกษาความถูกต้องของการวิเคราะห์ จากการหาค่าร้อยละการได้กลับคืนของการวิเคราะห์ (% recovery) โดยการวิเคราะห์ Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} และ Ca^{2+} เข้มข้น 0.125, 0.500, 0.625, 1.250, 0.625 และ 1.250 mg L^{-1} ตามลำดับ ทั้งในน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ซึ่งถือเป็นแบลนด์ และในตัวอย่างน้ำฝน จำนวน 7 ซ้ำ ดังแสดงในตารางที่ 3.14 และ 3.15 พบว่า ค่าร้อยละการได้กลับคืนของการวิเคราะห์ปริมาณ Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} และ Ca^{2+} ในน้ำปราศจากไอออนซึ่งใช้เป็น reagent water เป็นร้อยละ 99.20, 136.00, 123.52, 100.00, 100.96, และ 107.76 ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ตามวิธีการของ U.S.EPA (90 – 115 %) ยกเว้นร้อยละการได้กลับคืนของโซเดียม และแอมโมเนียมในน้ำปราศจากไอออนซึ่งมากกว่าช่วงที่ยอมรับได้ อาจเป็นผลจากการปนเปื้อนของน้ำปราศจากไอออน ส่วนค่าร้อยละการได้กลับคืนของการวิเคราะห์แคตไอออนในน้ำฝน เป็นร้อยละ 98.40, 131.78, 112.90, 95.76, 100.16 และ 103.34 ตามลำดับ ซึ่งให้ความถูกต้องในช่วงที่ยอมรับได้ตามวิธีของ U.S.EPA (75 – 125 %) ยกเว้นร้อยละการได้กลับคืนของโซเดียม แสดงว่า matrices ในน้ำฝนไม่มีผลต่อการวิเคราะห์ปริมาณแคตไอออนด้วยวิธีการนี้

ตารางที่ 3.14 ความถูกต้องในการวิเคราะห์ปริมาณแคตไอออนใน reagent blank (deionized water)

Ion	Added Amount (mg L^{-1})	Found Amount (mg L^{-1})	% R
Lithium	0.125	0.124	99.20
Sodium	0.500	0.680	136.00
Ammonium	0.625	0.772	123.52
Potassium	1.250	1.250	100.00
Magnesium	0.625	0.631	100.96
Calcium	1.250	1.347	107.76

ตารางที่ 3.15 ความถูกต้องในการวิเคราะห์ปริมาณแคตไอออนในน้ำฝน (rainwater)

Ion	Added Amount (mg L ⁻¹)	Sample Amount (mg L ⁻¹)	Found Amount (mg L ⁻¹)	% R
Lithium	0.125	0.000	0.123	98.40
Sodium	0.500	0.057	0.734	131.78
Ammonium	0.625	0.026	0.735	112.90
Potassium	1.250	0.024	1.220	95.76
Magnesium	0.625	0.003	0.629	100.16
Calcium	1.250	0.037	1.330	103.34

3.4.4 ความแม่นยำ (precision)

ผลการศึกษาความแม่นยำ (precision) ของการวิเคราะห์ปริมาณ (amount precision) และค่า retention time (t_R precision) โดยการวิเคราะห์ Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , และ Ca^{2+} เข้มข้น 0.025, 0.100, 0.125, 0.250, 0.125, และ 0.250 mg L⁻¹ ตามลำดับ จำนวน 7 ครั้ง เป็นไปดังตารางที่ 3.16 โดยจะเห็นว่า การวิเคราะห์ปริมาณ และ retention Time ด้วยวิธีการที่เหมาะสมนี้มีความคลาดเคลื่อนต่ำมาก โดยให้ค่า % RSD น้อยกว่า 3 % ละ 0.5% ตามลำดับ

ตารางที่ 3.16 ความแม่นยำ (precision) การวิเคราะห์ปริมาณแคตไอออน (amount precision) และ ค่า retention time (t_R precision)

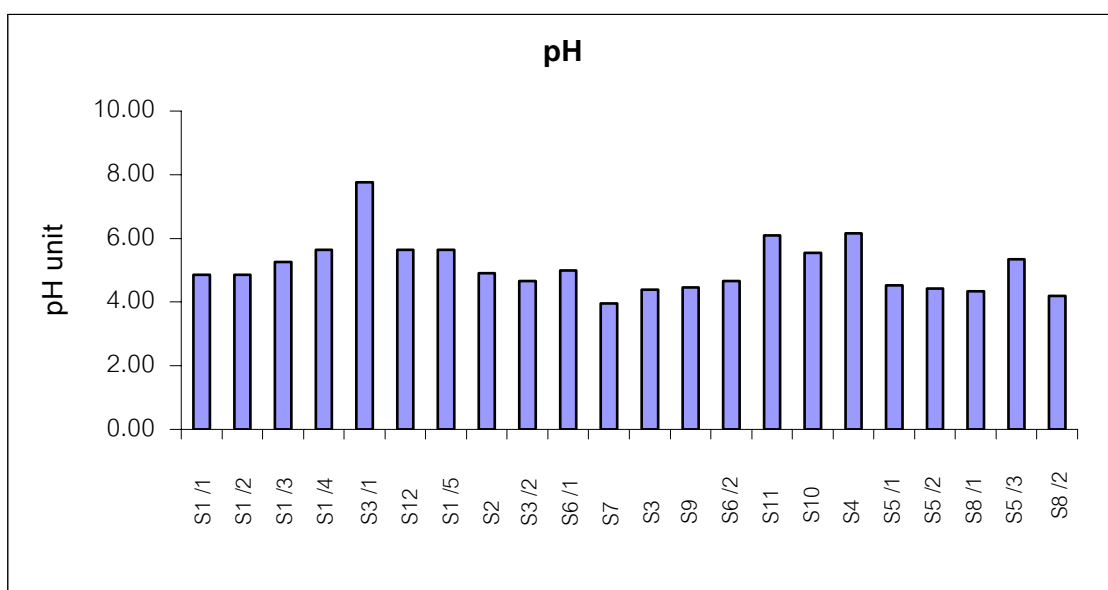
Ion	Amount (mg L ⁻¹)	Amount Precision (% RSD)	t_R Precision (% RSD)
Lithium	0.025	0.14	0.30
Sodium	0.100	1.81	0.25
Ammonium	0.125	2.68	0.08
Potassium	0.250	0.43	0.00
Magnesium	0.125	1.04	0.04
Calcium	0.250	0.93	0.07

3.5 ผลการศึกษาค่าความเป็นกรดต่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณแอมโมเนียม และปริมาณแคตไอออน ในตัวอย่างน้ำฝน

3.5.1 ผลการศึกษาความแม่นยำของการเก็บตัวอย่าง (sampling precision)

จากการศึกษาค่าความเป็นกรดต่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณแอมโมเนียมและปริมาณแคตไอออนในตัวอย่างน้ำฝน โดยการเก็บน้ำฝนด้วยดงกล่าวไว้ในข้อ 2.7 พบว่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณแอมโมเนียมและปริมาณแคตไอออนส่วนใหญ่น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีการดังกล่าวมีความแม่นยำสูง

3.5.2 ผลการศึกษาค่าความเป็นกรดต่าง (pH)



รูปที่ 3.35 ค่าความเป็นกรดต่างของตัวอย่างน้ำฝน (22 ตัวอย่าง)

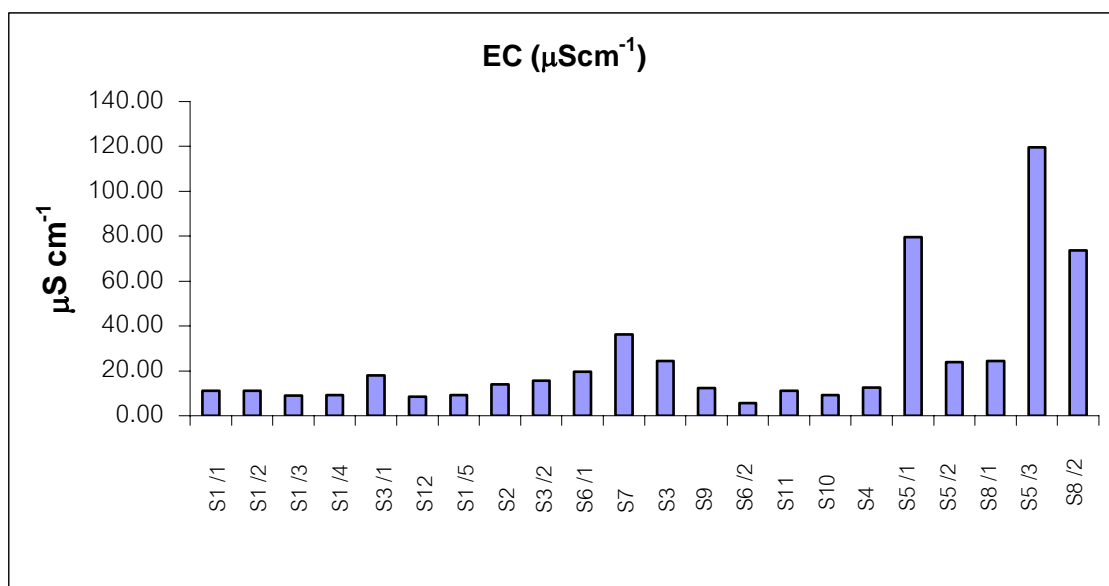
หมายเหตุ

S1 ดาดฟ้าตึกเคมี คณะวิทยาศาสตร์, S2 สามแยกคอหงส์, S3 ถนนศรีภูวนารถ, S4 วงเวียนถนนเพชรเกษม
 S5 สถานีรถไฟ, S6 โรงเรียนศรีนคร, S7 ห้างสรรพสินค้าแม่คโคโร, S8 สนามกีฬาจิระนคร, S9 สวนสาธารณะ
 S10 โรงเรียนหาดใหญ่สมบูรณกุลกัลยา, S11 สี่แยกปัสตุล (ควนดง), S12 ถนนราษฎร์ยินดี

จากการศึกษาค่าความเป็นกรดต่างของตัวอย่างในน้ำฝนทั้ง 12 จุดเก็บตัวอย่างจำนวน 22 ตัวอย่าง ด้วยวิธีตามข้อ 2.7 ดังแสดงในรูปที่ 3.34 พบว่า ความเป็นกรดต่างของน้ำฝนอยู่ในช่วง 3.95 – 7.76 เฉลี่ยแล้วมีค่าความเป็นกรดต่างเป็น 5.08

3.5.3 ผลการศึกษาค่าการนำไฟฟ้า (EC, $\mu\text{S cm}^{-1}$)

จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าในน้ำฝนทั้ง 12 จุดเก็บตัวอย่างจำนวน 22 ตัวอย่าง ด้วยวิธีตามข้อ 2.7 ดังแสดงในรูปที่ 3.35 พบว่ามีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 5.67–119.70 $\mu\text{S cm}^{-1}$



รูปที่ 3.36 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำฝน ($\mu\text{S cm}^{-1}$)

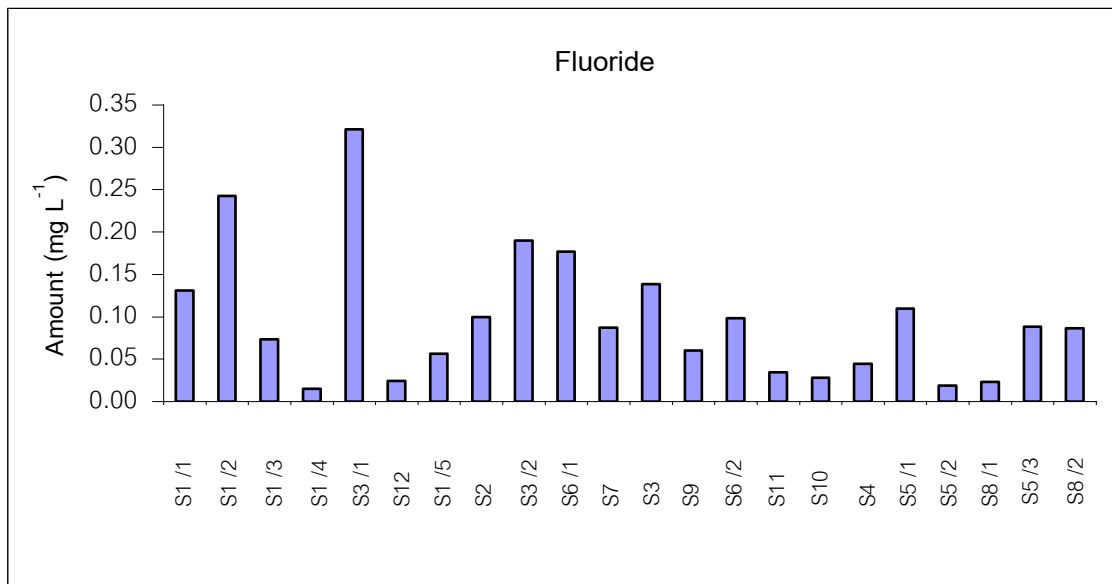
หมายเหตุ

S1 ดาดฟ้าตึกเคมี คณะวิทยาศาสตร์, S2 สามแยกคอหงส์, S3 ถนนศรีภูวนารถ, S4 วงเวียนถนนเพชรเกษม
S5 สถานีรถไฟ, S6 โรงเรียนศรีนคร, S7 ห้างสรรพสินค้าแม็คโคร, S8 สนามกีฬาจิระนคร, S9 สวนสาธารณะ
S10 โรงเรียนหาดใหญ่สมุทรกุลกัลยา, S11 สีแยกไปสตูล (ควนดง), S12 ถนนราษฎร์ยินดี

3.5.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนไอออน

3.5.4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์

จากการศึกษาปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำฝนทั้ง 12 จุดเก็บตัวอย่างจำนวน 22 ตัวอย่าง ด้วยวิธีตามข้อ 2.7 พบว่า มีปริมาณฟลูออไรด์อยู่ในช่วง $0.02 - 0.32 \text{ mg L}^{-1}$



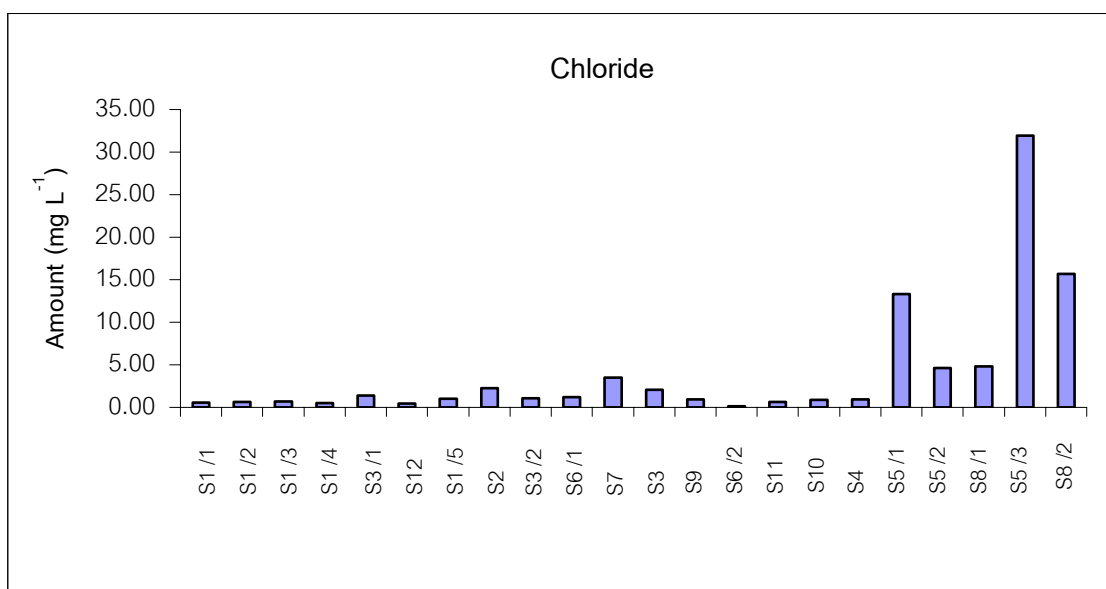
รูปที่ 3.37 ปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำฝน (mg L^{-1})

หมายเหตุ

S1 คาดฟ้าตึกเคมี คณะวิทยาศาสตร์, S2 สามแยกคองหงส์, S3 ถนนศรีภูวนารถ, S4 วงเวียนถนนเพชรเกษม
S5 สถานีรถไฟ, S6 โรงเรียนศรีนคร, S7 ห้างสรรพสินค้าแม็คโคร, S8 สนามกีฬาจิระนคร, S9 สวนสาธารณะ
S10 โรงเรียนหาดใหญ่สมบูรณภูลังกัลยา, S11 สีแยกไปสตูล (ควนดั่ง), S12 ถนนราษฎร์ยินดี

3.5.4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์

จากการศึกษาปริมาณคลอไรด์ในน้ำฝนทั้ง 12 จุดเก็บตัวอย่างจำนวน 22 ตัวอย่าง ด้วยวิธีตามข้อ 2.7 พบว่า มีปริมาณคลอไรด์อยู่ในช่วง $0.15 - 31.92 \text{ mg L}^{-1}$



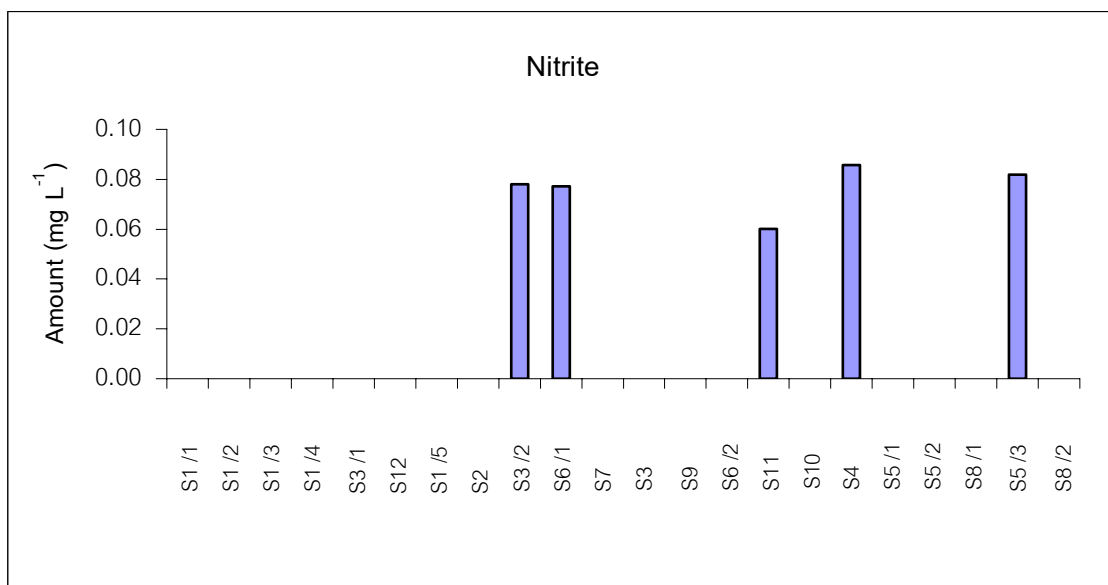
รูปที่ 3.38 ปริมาณคลอไรด์ในน้ำฝน (mg L^{-1})

หมายเหตุ

S1 ดาดฟ้าตึกเคมี คณะวิทยาศาสตร์, S2 สามแยกคอหงส์, S3 ถนนศรีภูวนารถ, S4 วงเวียนถนนเพชรเกษม
 S5 สถานีรถไฟ, S6 โรงเรียนศรีนคร, S7 ห้างสรรพสินค้าแม่คโคโร, S8 สนามกีฬาจิระนคร, S9 สวนสาธารณะ
 S10 โรงเรียนหาดใหญ่สมุทรโกฏกัลยา, S11 สีแยกไปสตูล (ควนดั่ง), S12 ถนนราษฎร์ยินดี

3.5.4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรต์

จากการศึกษาปริมาณไนไตรต์ในน้ำฝนทั้ง 12 จุดเก็บตัวอย่างจำนวน 22 ตัวอย่าง ด้วยวิธีตามข้อ 2.7 พบว่า ตรวจพบไนไตรต์แค่ 5 ตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 3.38 มีปริมาณไนไตรต์อยู่ในช่วง $0.06 - 0.09 \text{ mg L}^{-1}$



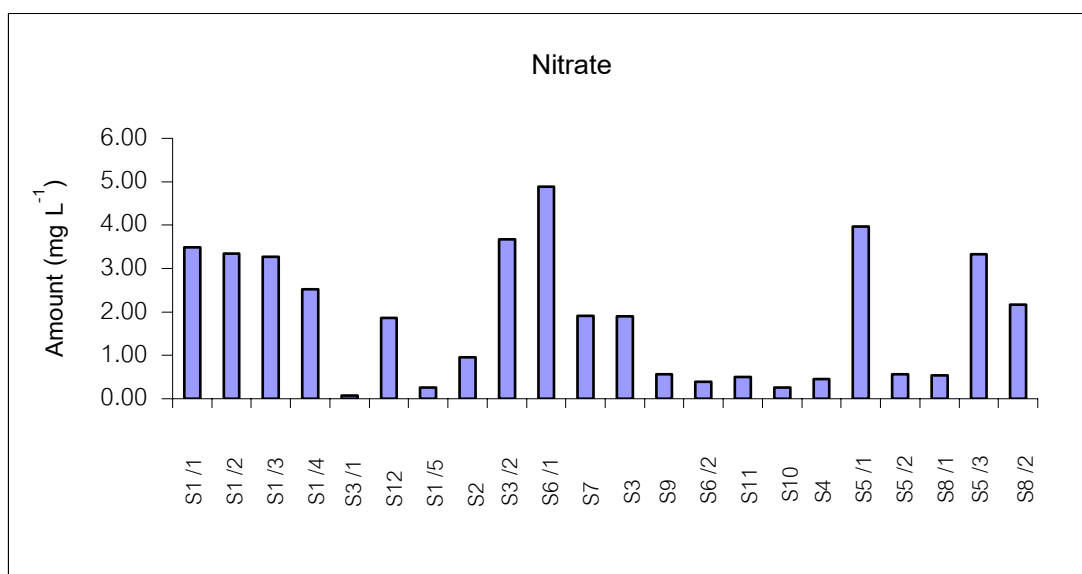
รูปที่ 3.39 ปริมาณไนไตรต์ในน้ำฝน (mg L^{-1})

หมายเหตุ

S1 คาดฟ้าตึกเคมี คณะวิทยาศาสตร์, S2 สามแยกคอหงส์, S3 ถนนศรีภูวนารถ, S4 วงเวียนถนนเพชรเกษม
S5 สถานีรถไฟ, S6 โรงเรียนศรีนคร, S7 ห้างสรรพสินค้าแม็คโคร, S8 สนามกีฬาจิระนคร, S9 สวนสาธารณะ
S10 โรงเรียนหาดใหญ่สมบูรณ์กุลกัลยา, S11 สี่แยกปัสตุล (ควนดั่ง), S12 ถนนราษฎร์ยินดี

3.5.4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรต

จากการศึกษาปริมาณไนเตรตในน้ำฝนทั้ง 12 จุดเก็บตัวอย่างจำนวน 22 ตัวอย่าง ด้วยวิธีตามข้อ 2.7 พบว่าปริมาณไนเตรตอยู่ในช่วง $0.08 - 4.88 \text{ mg L}^{-1}$



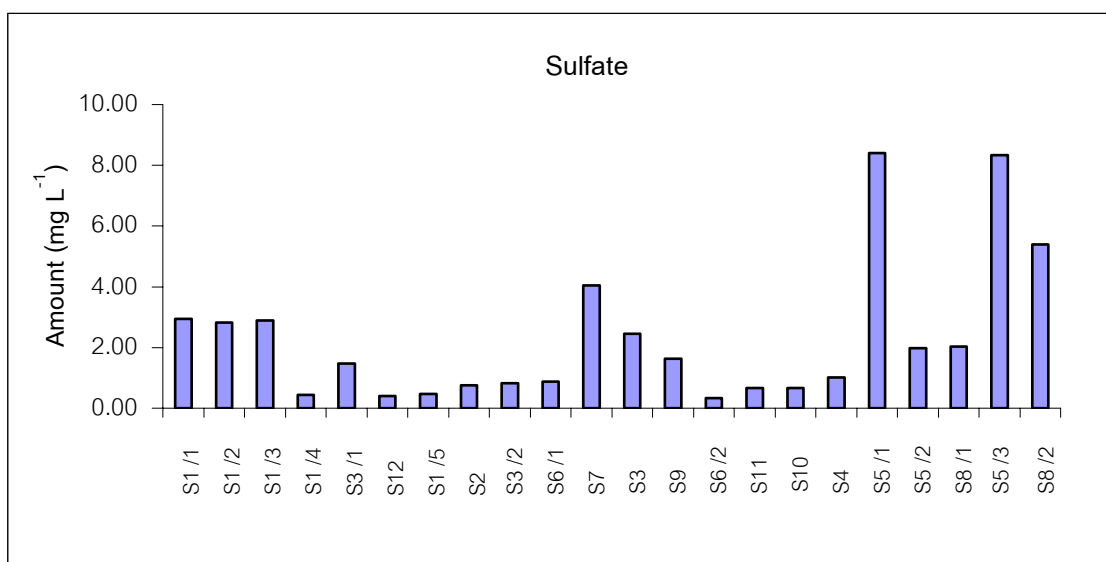
รูปที่ 3.40 ปริมาณไนเตรตในน้ำฝน (mg L^{-1})

หมายเหตุ

S1 ดาดฟ้าตึกเคมี คณะวิทยาศาสตร์, S2 สามแยกคอหงส์, S3 ถนนศรีภูวนารถ, S4 วงเวียนถนนเพชรเกษม
S5 สถานีรถไฟ, S6 โรงเรียนศรีนคร, S7 ห้างสรรพสินค้าแม่คโคโร, S8 สนามกีฬาจิระนคร, S9 สวนสาธารณะ
S10 โรงเรียนหาดใหญ่สมุทรภักดิ์วิทยา, S11 สี่แยกไปสตูล (ควนดั่ง), S12 ถนนราษฎร์ยินดี

3.5.4.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟต

จากการศึกษาปริมาณซัลเฟตในน้ำฝนทั้ง 12 จุดเก็บตัวอย่างจำนวน 22 ตัวอย่าง ด้วยวิธีตามข้อ 2.7 พบว่าปริมาณซัลเฟตอยู่ในช่วง $0.34 - 8.41 \text{ mg L}^{-1}$



รูปที่ 3.41 ปริมาณซัลเฟตในน้ำฝน (mg L^{-1})

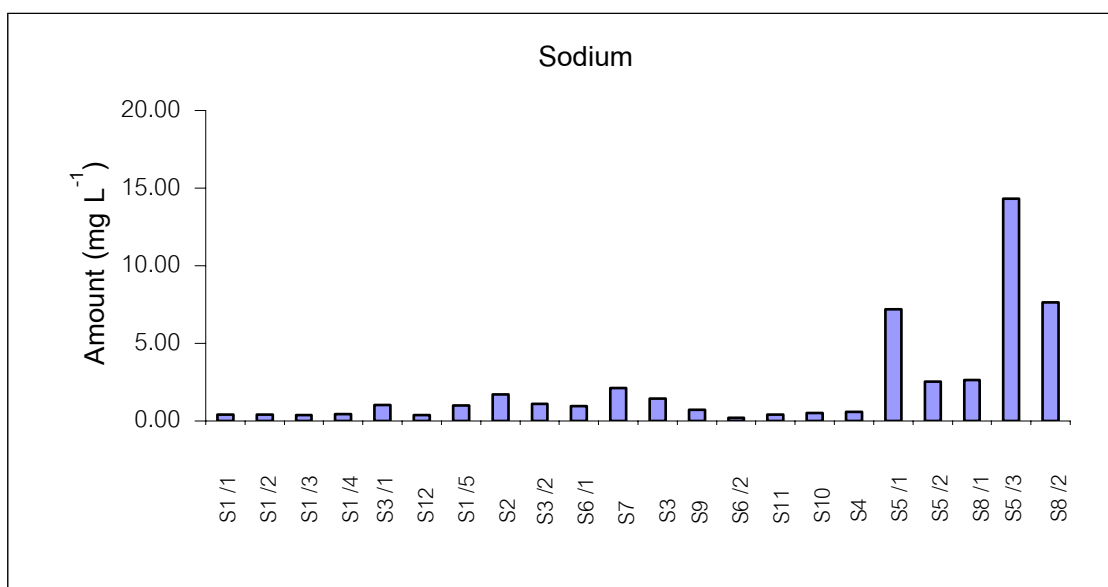
หมายเหตุ

S1 ดาดฟ้าตึกเคมี คณะวิทยาศาสตร์, S2 สามแยกคอหงส์, S3 ถนนศรีภูวนารถ, S4 วงเวียนถนนเพชรเกษม
S5 สถานีรถไฟ, S6 โรงเรียนศรีนคร, S7 ห้างสรรพสินค้าแม็คโคร, S8 สนามกีฬาจิระนคร, S9 สวนสาธารณะ
S10 โรงเรียนหาดใหญ่สมบูรณกุลกัลยา, S11 สีแยกไปสตูล (ควนดง), S12 ถนนราษฎร์ยินดี

3.5.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดไดออน

3.5.5.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโซเดียม

จากการศึกษาปริมาณโซเดียมในน้ำฝนทั้ง 12 จุดเก็บตัวอย่างจำนวน 22 ตัวอย่าง ด้วยวิธีตามข้อ 2.7 พบว่าปริมาณโซเดียมอยู่ในช่วง $0.21 - 14.31 \text{ mg L}^{-1}$



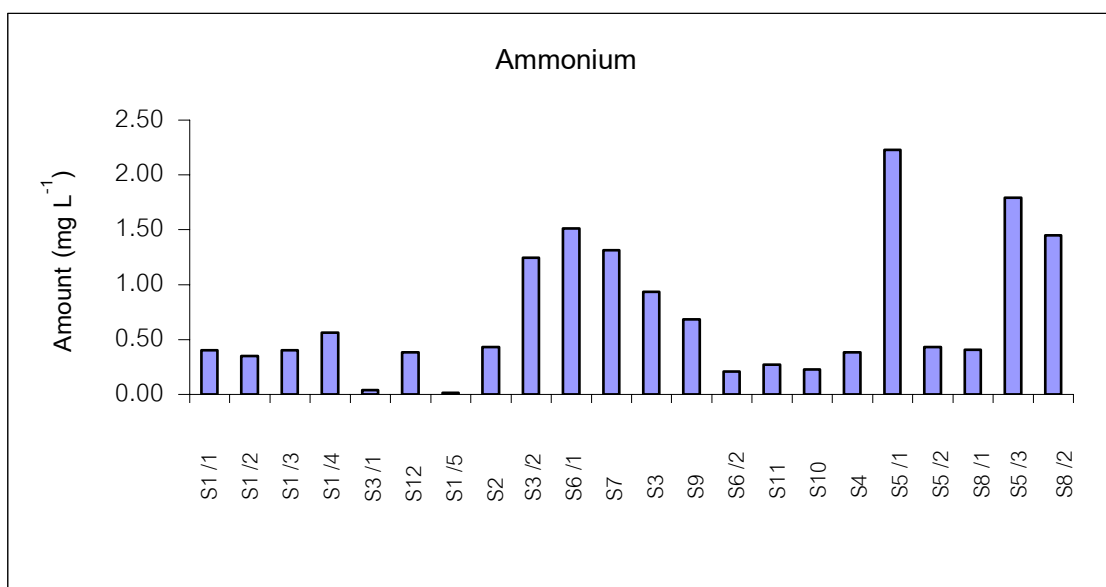
รูปที่ 3.42 ปริมาณโซเดียมในน้ำฝน (mg L^{-1})

หมายเหตุ

S1 ดาดฟ้าตึกเคมี คณะวิทยาศาสตร์, S2 สามแยกคอหงส์, S3 ถนนศรีภูวนารถ, S4 วงเวียนถนนเพชรเกษม
 S5 สถานีรถไฟ, S6 โรงเรียนศรีนคร, S7 ห้างสรรพสินค้าแม็คโคร, S8 สนามกีฬาจิระนคร, S9 สวนสาธารณะ
 S10 โรงเรียนหาดใหญ่สมบูรณกุลกุลยา, S11 สีแยกไปสตูล (ควนดั่ง), S12 ถนนราษฎร์ยินดี

3.5.5.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียม

จากการศึกษาปริมาณแอมโมเนียมในน้ำฝนทั้ง 12 จุดเก็บตัวอย่าง จำนวน 22 ตัวอย่าง ด้วยวิธีตามข้อ 2.7 พบว่าปริมาณแอมโมเนียมอยู่ในช่วง $0.01 - 2.23 \text{ mg L}^{-1}$



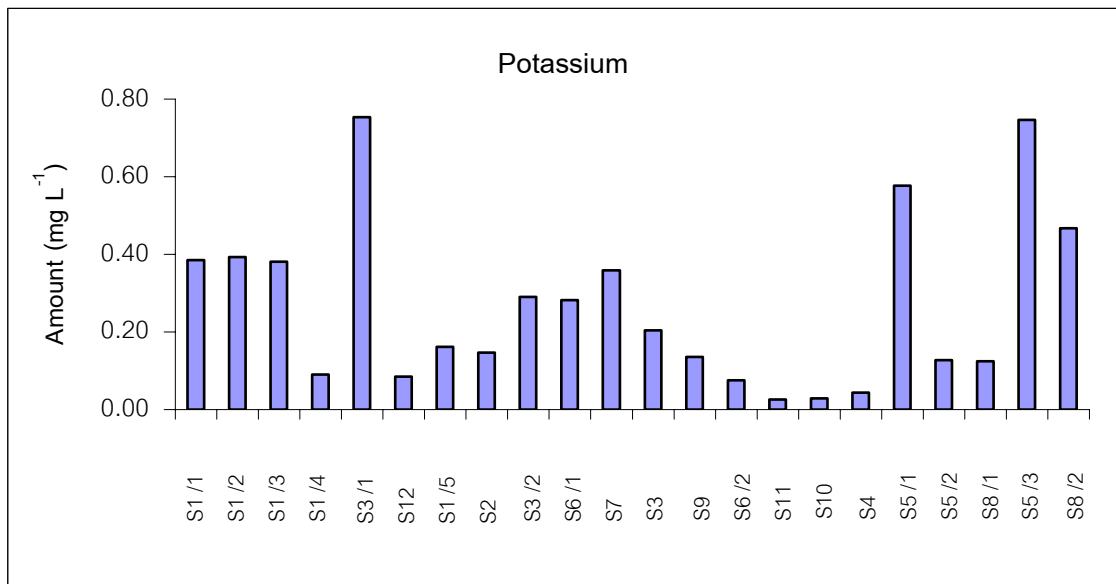
รูปที่ 3.43 ปริมาณแอมโมเนียมในน้ำฝน (mg L^{-1})

หมายเหตุ

S1 ดาดฟ้าตึกเคมี คณะวิทยาศาสตร์, S2 สามแยกคอหงส์, S3 ถนนศรีภูวนารถ, S4 วงเวียนถนนเพชรเกษม
S5 สถานีรถไฟ, S6 โรงเรียนศรีนคร, S7 ห้างสรรพสินค้าแม่คโคโร, S8 สนามกีฬาจิระนคร, S9 สวนสาธารณะ
S10 โรงเรียนหาดใหญ่สมบูรณกุลกุลยา, S11 สีแยกไปสตูล (ควนดง), S12 ถนนราษฎร์ยินดี

3.5.5.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปแทสเซียม

จากการศึกษาปริมาณโปแทสเซียมในน้ำฝนทั้ง 12 จุดเก็บตัวอย่าง จำนวน 22 ตัวอย่าง ด้วยวิธีตามข้อ 2.7 พบว่าปริมาณโปแทสเซียมอยู่ในช่วง $0.03 - 0.75 \text{ mg L}^{-1}$



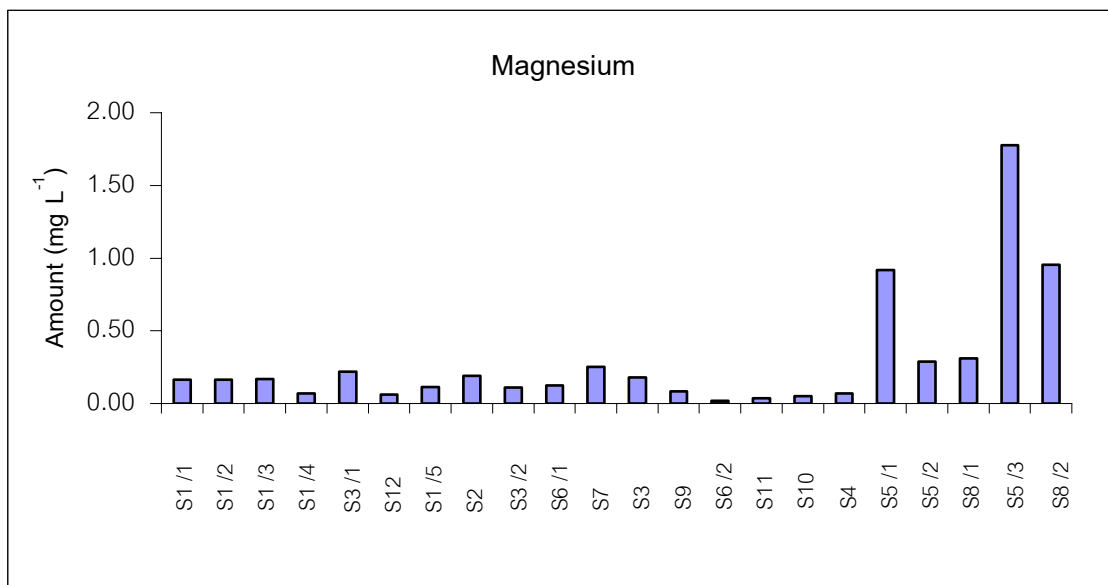
รูปที่ 3.44 ปริมาณโปแทสเซียมในน้ำฝน (mg L^{-1})

หมายเหตุ

S1 ดาดฟ้าตึกเคมี คณะวิทยาศาสตร์, S2 สามแยกคอหงส์, S3 ถนนศรีภูวนารถ, S4 วงเวียนถนนเพชรเกษม
S5 สถานีรถไฟ, S6 โรงเรียนศรีนคร, S7 ห้างสรรพสินค้าแม่คโคโร, S8 สนามกีฬาจิระนคร, S9 สวนสาธารณะ
S10 โรงเรียนหาดใหญ่สมบูรณกุลกุลยา, S11 สี่แยกไปสตูล (ควนดั่ง), S12 ถนนราษฎร์ยินดี

3.5.5.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียม

จากการศึกษาปริมาณแมกนีเซียมในน้ำฝนทั้ง 12 จุดเก็บตัวอย่างจำนวน 22 ตัวอย่าง ด้วยวิธีตามข้อ 2.7 พบว่าปริมาณแมกนีเซียมอยู่ในช่วง $0.02 - 1.78 \text{ mg L}^{-1}$

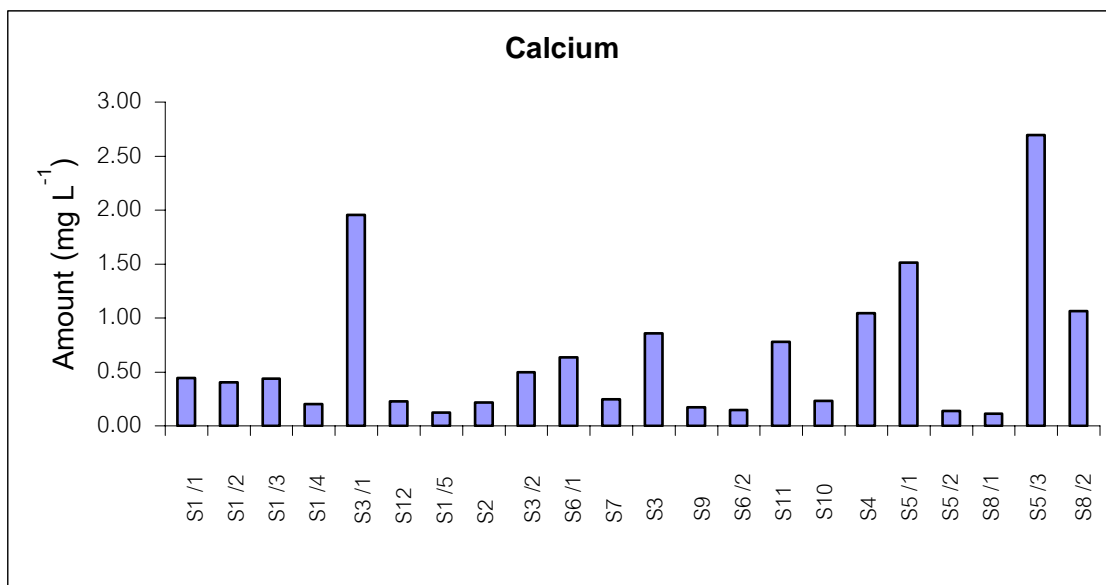


รูปที่ 3.45 ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำฝน (mg L^{-1})

หมายเหตุ

S1 ดาดฟ้าตึกเคมี คณะวิทยาศาสตร์, S2 สามแยกคอหงส์, S3 ถนนศรีภูวนารถ, S4 วงเวียนถนนเพชรเกษม
 S5 สถานีรถไฟ, S6 โรงเรียนศรีนคร, S7 ห้างสรรพสินค้าแม่คโคร, S8 สนามกีฬาจิระนคร, S9 สวนสาธารณะ
 S10 โรงเรียนหาดใหญ่สมบูรณภูลังกัลยา, S11 สีแยกไปสตูล (ควนลัง), S12 ถนนราษฎร์ยินดี

3.5.5.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม

รูปที่ 3.46 ปริมาณแคลเซียมในน้ำฝน (mg L⁻¹)

หมายเหตุ

S1 ดาดฟ้าตึกเคมี คณะวิทยาศาสตร์, S2 สามแยกคอกหงส์, S3 ถนนศรีภูวนารถ, S4 วงเวียนถนนเพชรเกษม
 S5 สถานีรถไฟ, S6 โรงเรียนศรีนคร, S7 ห้างสรรพสินค้าแม็คโคร, S8 สนามกีฬาจิระนคร, S9 สวนสาธารณะ
 S10 โรงเรียนหาดใหญ่สมบูรณกุลกัลยา, S11 สีแยกไปสตูล (ควนดั่ง), S12 ถนนราษฎร์ยินดี

จากการศึกษาปริมาณแคลเซียมในน้ำฝนทั้ง 12 จุดเก็บตัวอย่างจำนวน 22 ตัวอย่าง ด้วยวิธีตามข้อ 2.7 พบว่าปริมาณแคลเซียมอยู่ในช่วง 0.11 – 2.69 mg L⁻¹