กรมควบคุมมลพิษ
POLLUTION CONTROL DEPARTMENT

การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ซัลเฟต โดยวิธี Determination of Anions by Ion chromatography ในตัวอย่างน้ำประปาและน้ำบาดาล

สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 4 กรมควบคุมมลพิษ

ที่มาและเหตุผลของนวัตกรรม

การวิเคราะห์ค่าซัลเฟตในตัวอย่างน้ำประปาและน้ำบาดาล โดยวิธี Turbidimetric Method วิธีนี้ แบเรียมซัลเฟตจะตกตะกอนอยู่ในรูป Crystal ซึ่งทำได้โดยการเติมแบเรียมคลอไรด์ ใน acid medium (CH_3COOH) แล้ววัดค่าความขุ่นของตะกอนแบเรียมซัลเฟตโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ซึ่งวิธีการนี้อาจ มีข้อจำกัดในการจับเวลาเพื่อทำให้เกิดการตกตะกอน ทาง สคพ.4 จึงได้ศึกษาพัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาค่าซัลเฟต ด้วยวิธี Determination of Anions by Ion chromatography โดยวิธีนี้เป็นเทคนิคที่ใช้ในการแยกสารตามพิกัดประจุไอออน สามารถวิเคราะห์ค่าซัลเฟต, ไนเตรท, ไนไตร์ท, ฟลูออไรด์และคลอไรด์ พร้อมกัน ทำให้ประหยัดเวลาและลดการใช้สารเคมีในการวิเคราะห์

กระบวนการดำเนินการ

กระบวนการเดิมก่อนการพัฒนา
วิธี Turbidimetric Method

อ้างอิงวิธีจาก : APHA/AWWA/WEF.Standard Method for the Examination of Water and Wastewater. 24 $^{e\ d}$ part 4500-SO_4^{2-} E.

ขั้นตอนที่ 1

ตวงตัวอย่าง
100 ml ใส่ flask
ขนาด 125 ml

ขั้นตอนที่ 2

เติม Conditioning
5 ml ตั้ง Stirrer
จับเวลา 1 นาที

ขั้นตอนที่ 3

เติมแบเรียมคลอไรด์
1 ช้อน ตั้ง Stirrer จับ
เวลาต่อจนครบ 3 นาที

ขั้นตอนที่ 4

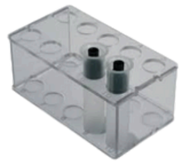
วัดค่าความขุ่น ด้วย
spectrophotometer ที่
ความยาวคลื่น 420 nm

กระบวนการใหม่เมื่อมีการพัฒนา
วิธี Determination of Anions by Ion chromatography

อ้างอิงวิธีจาก : APHA/AWWA/WEF.Standard Method for the Examination of Water and Wastewater. 24 $^{e\ d}$ part 4110 B Ion Chromatography.

ขั้นตอนที่ 1

กรองตัวอย่างด้วย
Syringe filter
เพื่อกำจัดตะกอน



ขั้นตอนที่ 2

เทตัวอย่างใส่ Vial 5 ml
ไล่ฟองอากาศให้หมด
แล้วปิดด้วยจุกให้สนิท

ขั้นตอนที่ 3

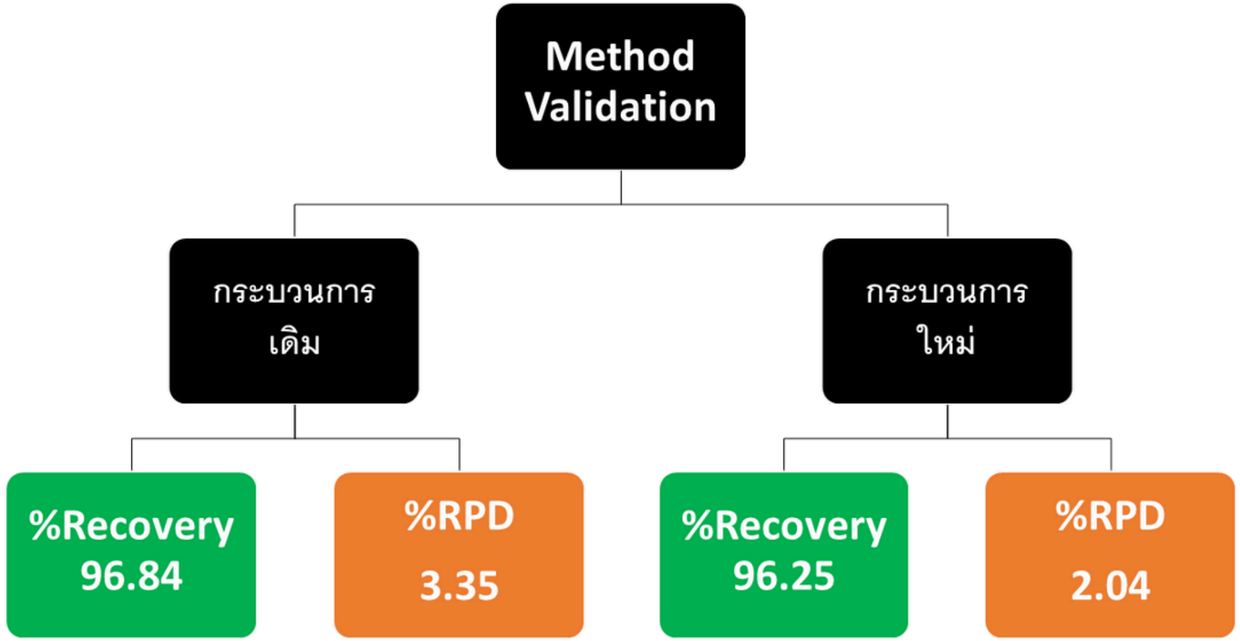
นำ Vial ใส่ autosample
เพื่อให้สามารถวิเคราะห์
ตัวอย่างได้อัตโนมัติ

ขั้นตอนที่ 4

วิเคราะห์ตัวอย่าง
โดยใช้เทคนิคการแตกตัว
เป็นไอออนด้วย
Ion chromatography (IC)

ผลการทดลองและการเปรียบเทียบผล

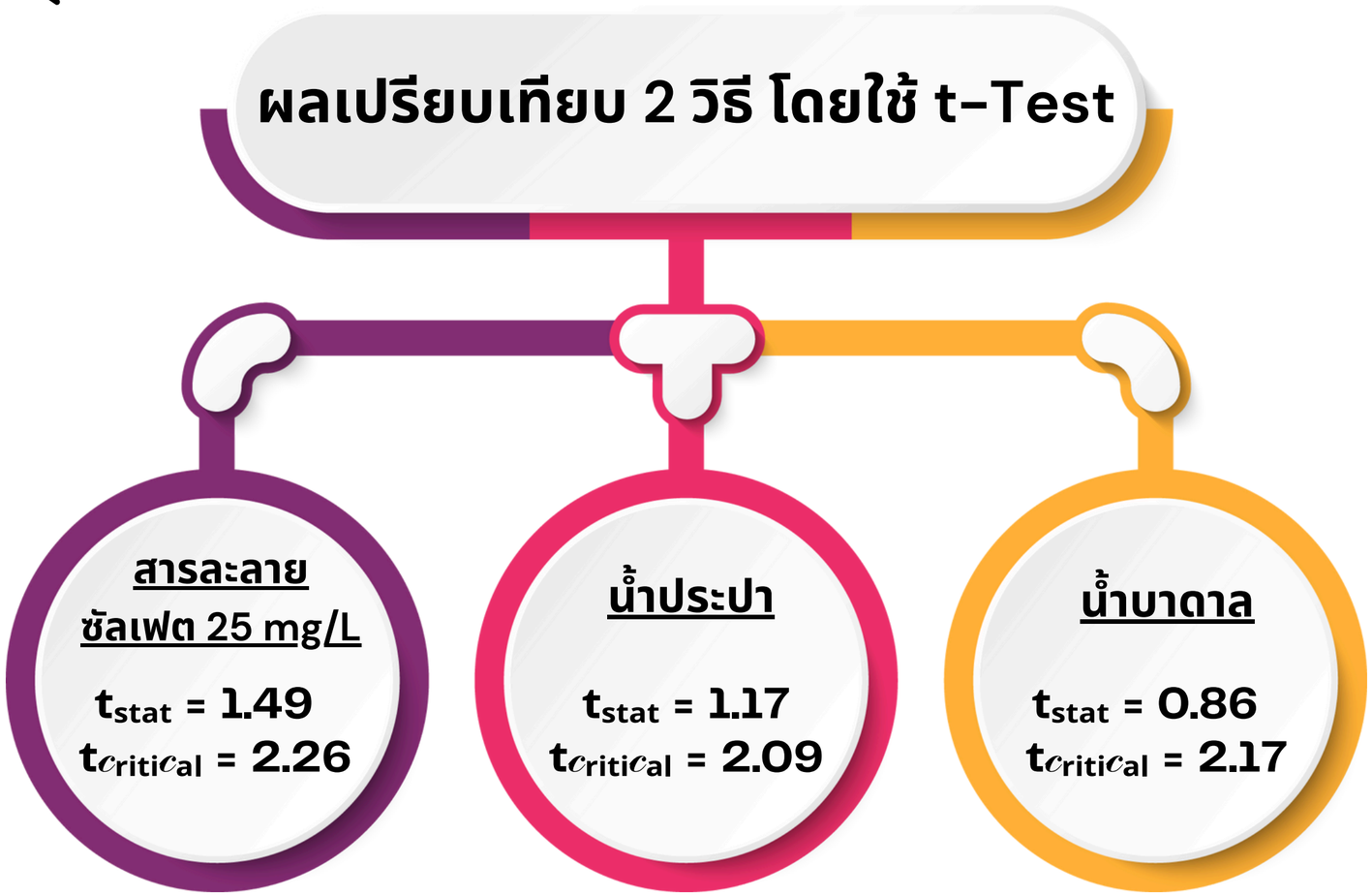
- **การตรวจสอบความใช้ได้ของทั้ง 2 วิธี (Method Validation)**
  โดยใช้สารละลายซัลเฟตที่มีค่า 25 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นสารอ้างอิง
  (เกณฑ์การยอมรับ : %Recovery = 80-120 และ %RPD ≤ 10)



จากผลการวิเคราะห์ พบว่า %Recovery และ %RPD อยู่ในช่วงเกณฑ์การยอมรับทั้ง 2 วิธี แสดงว่า มีความแม่นและความเที่ยงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ผลการทดลองและการเปรียบเทียบผล

- การวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลตัวอย่าง โดยใช้สถิติ t-Test



ตั้งสมมติฐาน
ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

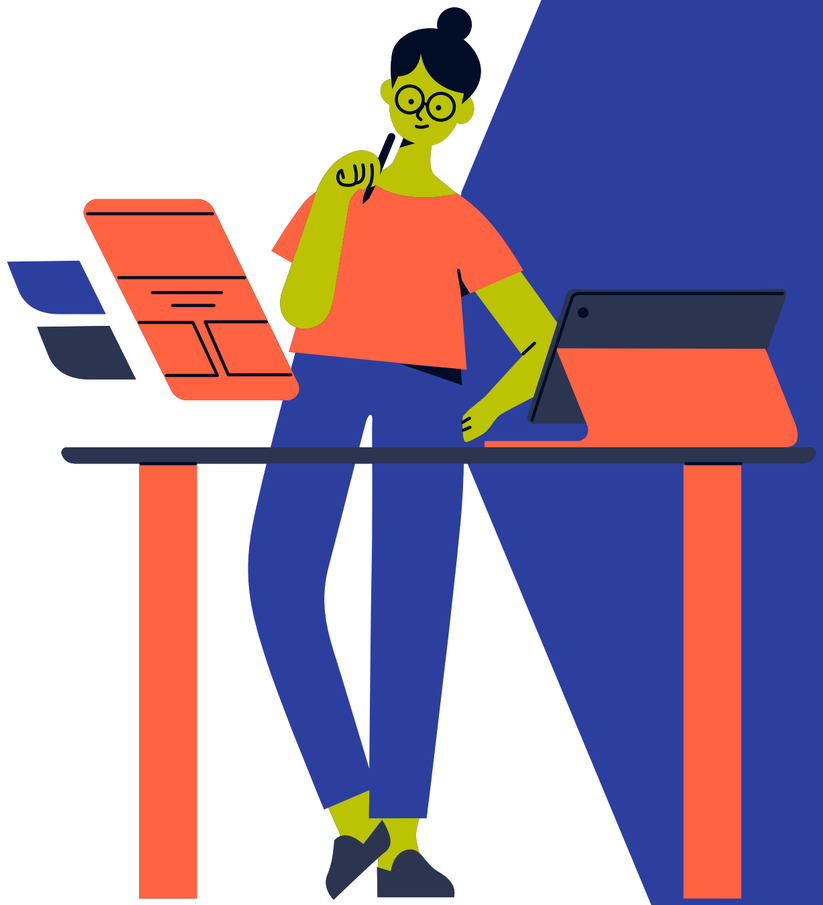
ถ้า $t_{stat} < t_{critical}$
ทั้ง 2 วิธีไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ถ้า $t_{stat} > t_{critical}$
ทั้ง 2 วิธีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ทั้ง 3 ตัวอย่าง $t_{stat} < t_{critical}$ แสดงว่า ผลของวิธีวิเคราะห์ทั้ง 2 ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สรุปผลการดำเนินงาน

จากการวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตด้วยวิธี Turbidimetric Method กับวิธี Determination of Anions by Ion chromatography มีความแม่นและความเที่ยงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามหลักการวิเคราะห์ สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ทั้ง 2 วิธี อย่างไรก็ตาม วิธี Determination of Anions by Ion chromatography มีข้อดีกว่า เนื่องจาก มีความคุ้มทุนในแง่ประหยัดเวลาในการวิเคราะห์ การเตรียมตัวอย่างไม่ซับซ้อนและสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้อัตโนมัติ นอกจากนี้วิธีนี้ยังไม่ใช้สารเคมีในการเตรียมตัวอย่างทำให้ลดค่าใช้จ่ายและไม่ปล่อยสารเคมีลงสู่สภาวะแวดล้อม



แบบฟอร์มการจัดทำข้อเสนอการพัฒนานวัตกรรม
กรณีที่ 1
สรุปผลการประเมินด้านการพัฒนาประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานและพัฒนานวัตกรรม
ของ สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 4
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567
เรื่อง การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ซัลเฟต โดยวิธี Determination of Anions by Ion chromatography ในตัวอย่างน้ำประปาและน้ำบาดาล

1. หลักการ เหตุผล ความจำเป็น

การวิเคราะห์ค่าซัลเฟตในตัวอย่างน้ำประปาและน้ำบาดาล โดยวิธี Turbidimetric Method วิธีนี้แบเรียมซัลเฟตจะตกตะกอนอยู่ในรูป Crystal ซึ่งทำได้โดยการเติมแบเรียมคลอไรด์ ใน acid medium (CH_3COOH) แล้ววัดค่าความขุ่นของตะกอนแบเรียมซัลเฟตโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ซึ่งวิธีการนี้อาจมีข้อจำกัดในการจับเวลาเพื่อทำให้เกิดการตกตะกอน ทาง สคพ.4 จึงได้ศึกษาพัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาค่าซัลเฟต ด้วยวิธี Determination of Anions by Ion chromatography โดยวิธีนี้เป็นเทคนิคที่ใช้ในการแยกสารตามพิกัดประจุไอออน สามารถวิเคราะห์ค่าซัลเฟต, ไนเตรท, ไนไตร์ท, ฟลูออไรด์และคลอไรด์ พร้อมกันทำให้ประหยัดเวลาและลดการใช้สารเคมีในการวิเคราะห์

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการวิเคราะห์หาค่าซัลเฟตด้วยวิธี Determination of Anions by Ion chromatography กับวิธี Turbidimetric Method

2.2 ประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์หาค่าซัลเฟตด้วยวิธี Determination of Anions by Ion chromatography ในตัวอย่างน้ำประปาและน้ำบาดาล

3. การดำเนินงาน/ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ทำการทดลองและรวบรวมข้อมูลผลการวิเคราะห์ค่าซัลเฟต

3.2 เปรียบเทียบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ซัลเฟตทั้ง 2 วิธี (Method Validation)

3.3 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โดยใช้สถิติแบบ t-Test

3.4 เปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ซัลเฟตทั้ง 2 วิธี

3.5 สรุปผลการดำเนินงานและเลือกวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนำมาใช้ในการปฏิบัติงาน

4. ผลที่คาดหวัง

4.1 สามารถนำวิธีการวิเคราะห์หาค่าซัลเฟตด้วยวิธี Determination of Anions by Ion chromatography มาใช้ในการปฏิบัติงานของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม

4.2 เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการวิเคราะห์

4.3 เพื่อช่วยลดปริมาณสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์

4.4 เพื่อช่วยลดปริมาณของเสียที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

5. ผลการดำเนินงานและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริงอย่างเป็นรูปธรรม

5.1 ทำการทดลองและรวบรวมข้อมูลผลการวิเคราะห์ค่าซัลเฟต โดยการศึกษาเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

5.1.1 ทดลองการตรวจสอบค่าซัลเฟตโดยใช้สารละลายซัลเฟตที่มีค่า 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ทดสอบจำนวน 10 ซ้ำ

5.1.2 ทดลองการตรวจสอบค่าซัลเฟตในตัวอย่างน้ำประปา จำนวน 20 ตัวอย่าง

5.1.3 ทดลองการตรวจสอบค่าซัลเฟตในตัวอย่างน้ำบาดาล จำนวน 13 ตัวอย่าง

ผลการทดสอบค่าซัลเฟตแสดงในภาคผนวก

5.2 เปรียบเทียบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ซัลเฟตทั้ง 2 วิธี (Method Validation)

ดำเนินการเปรียบเทียบโดยใช้สารละลายซัลเฟตที่มีค่า 25 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นค่าอ้างอิง โดยต้องมีความแม่นและความเที่ยงอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ (ความแม่น %Recovery = 80-120% และความเที่ยง %RPD ≤ 10) ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ค่าซัลเฟต พบว่า วิธี Determination of Anions by Ion chromatography มีค่า %Recovery = 96.25% และ %RPD = 2.04 และ วิธี Turbidimetric Method มีค่า %Recovery = 96.84% และ %RPD = 3.35 ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์การยอมรับทั้ง 2 วิธี

5.3 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โดยใช้สถิติแบบ t-Test

ดำเนินการวิเคราะห์หาค่า t-Test แบบ Independent-sample t-Test เพื่อตรวจสอบว่าการหาค่าซัลเฟตด้วยวิธี Determination of Anions by Ion chromatography กับวิธี Turbidimetric Method มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยเปรียบเทียบค่า t_{stat} ที่คำนวณได้กับค่า $t_{critical}$ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ถ้า

$t_{stat} < t_{critical}$ แสดงว่าวิธีวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

$t_{stat} > t_{critical}$ แสดงว่าวิธีวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

5.3.1 การเปรียบเทียบผลวิเคราะห์สารละลายซัลเฟตที่ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ค่า t_{stat} ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 1.49 และค่า $t_{critical}$ มีค่าเท่ากับ 2.26 ดังนั้น $t_{stat} < t_{critical}$ แสดงว่าวิธีวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5.3.2 การเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ในตัวอย่างน้ำประปา 20 ตัวอย่าง พบว่า ค่า t_{stat} ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 1.17 และค่า $t_{critical}$ มีค่าเท่ากับ 2.09 ดังนั้น $t_{stat} < t_{critical}$ แสดงว่าวิธีวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5.3.3 การเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ในตัวอย่างน้ำบาดาล พบว่า ค่า t_{stat} ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.86 และค่า $t_{critical}$ มีค่าเท่ากับ 2.17 ดังนั้น $t_{stat} < t_{critical}$ แสดงว่าวิธีวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ระดับความเชื่อมั่น 95%

5.4 เปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ซัลเฟตทั้ง 2 วิธี

วิธีเดิม : Turbidimetric Method	วิธีใหม่ : Determination of Anions by Ion chromatography
ใช้ได้เฉพาะตัวอย่างที่มีค่าซัลเฟตน้อย	ใช้ได้กับตัวอย่างที่มีค่าซัลเฟตมาก
ใช้สารเคมีในการเตรียมตัวอย่าง 1. Conditioning reagent ประกอบด้วย - กลีเซอรอล ราคา 600 บาทต่อ 500 มิลลิลิตร - กรดไฮโดรคลอริก ราคา 1,000 บาทต่อ 2.5 ลิตร - เอทานอล ราคา 1,800 บาทต่อ 2.5 ลิตร - โซเดียมคลอไรด์ ราคา 500 บาทต่อ 1 กิโลกรัม 2. แบเรียมคลอไรด์ ราคา 1,300 บาทต่อ 1 กิโลกรัม	ไม่ใช้สารเคมีในการเตรียมตัวอย่าง
การเตรียมตัวอย่างมีความยุ่งยาก เนื่องจากการเตรียมสารละลายมาตรฐานหรือตัวอย่าง มีการวัดค่าความขุ่น ต้องควบคุมเวลาให้คงที่เท่ากันทุกครั้ง	การเตรียมตัวอย่างไม่มีความยุ่งยาก สามารถวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟต พร้อมกับไนเตรท, ไนไตร์ท, ฟลูออไรด์ และคลอไรด์
ไม่สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้อัตโนมัติ	สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้อัตโนมัติ

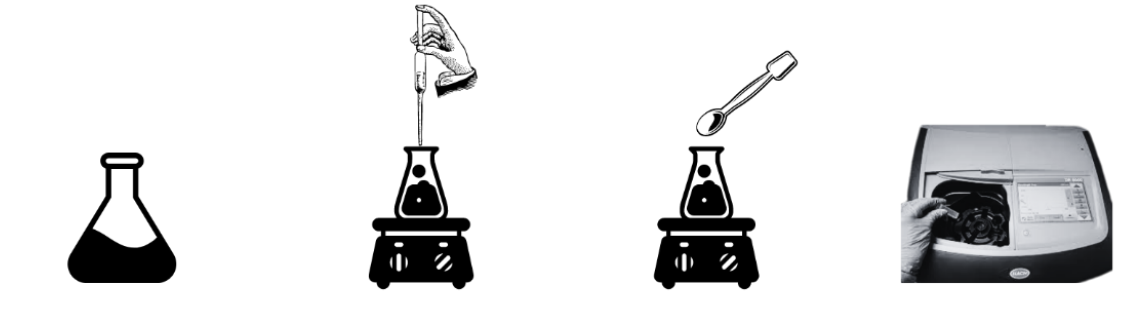
5.5 สรุปผลการดำเนินงานและเลือกวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนำมาใช้ในการปฏิบัติงาน

จากการวิเคราะห์หาค่าซัลเฟตด้วยวิธี Turbidimetric Method กับวิธี Determination of Anions by Ion chromatography มีความแม่นและความเที่ยงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามหลักการวิเคราะห์ สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ทั้ง 2 วิธี อย่างไรก็ตาม วิธี Determination of Anions by Ion chromatography มีข้อดีกว่า เนื่องจาก มีความคุ้มทุนในแง่ประหยัดเวลาในการวิเคราะห์ การเตรียมตัวอย่างไม่ซับซ้อนและสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้อัตโนมัติ นอกจากนี้วิธีนี้ยังไม่ใช้สารเคมีในการเตรียมตัวอย่างทำให้ลดค่าใช้จ่ายและไม่ปล่อยสารเคมีลงสู่สภาวะแวดล้อม

ภาคผนวก

วิธีการทดลอง

กระบวนการเดิมก่อนการพัฒนา : วิธี Turbidimetric Method



ขั้นตอนที่ 1

ตวงตัวอย่าง
100 ml ใส่ flask
ขนาด 125 ml

ขั้นตอนที่ 2

เติม Conditioning
5 ml ตั้ง Stirrer
จับเวลา 1 นาที

ขั้นตอนที่ 3

เติมแบเรียมคลอไรด์
1 ช้อน ตั้ง Stirrer จับ
เวลาต่อจนครบ 3 นาที

ขั้นตอนที่ 4

วัดค่าความขุ่น ด้วย
spectrophotometer ที่
ความยาวคลื่น 420 nm

กระบวนการใหม่เมื่อมีการพัฒนา : วิธี Determination of Anions by Ion chromatography

ขั้นตอนที่ 1

กรองตัวอย่างด้วย
Syringe filter
เพื่อกำจัดตะกอน

ขั้นตอนที่ 2

เทตัวอย่างใส่ Vial 5 ml
ไล่ฟองอากาศให้หมด
แล้วปิดด้วยจุกให้สนิท

ขั้นตอนที่ 3

นำ Vial ใส่ autosample
เพื่อให้สามารถวิเคราะห์
ตัวอย่างได้อัตโนมัติ

ขั้นตอนที่ 4

วิเคราะห์ตัวอย่าง
โดยใช้เทคนิคการแตกตัว
เป็นไอออนด้วย
Ion chromatography (IC)

ผลการทดลอง

1. ทดลองการตรวจสอบค่าซัลเฟตโดยใช้สารละลายซัลเฟตที่มีค่า 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ทดสอบจำนวน 10 ซ้ำ

1.1 ผลการทดสอบการตรวจสอบความใช้ได้ของทั้ง 2 วิธี ที่สารละลายซัลเฟตที่ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบค่าซัลเฟตที่ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร

ครั้งที่	Determination of Anions by Ion chromatography			Turbidimetric Method		
	ค่าอ้างอิง	ค่าที่วัดได้	%Recovery	ค่าอ้างอิง	ค่าที่วัดได้	%Recovery
1	25	24.06	96.24	25	24.45	97.8
2	25	23.89	95.56	25	23.77	95.08
3	25	24.30	97.20	25	24.54	98.16
4	25	23.88	95.52	25	23.76	95.04
5	25	23.85	95.40	25	23.8	95.2
6	25	24.20	96.80	25	24.57	98.28
7	25	24.22	96.88	25	23.78	95.12
8	25	24.18	96.72	25	24.56	98.24
9	25	24.23	96.92	25	24.49	97.96
10	25	23.81	95.24	25	24.39	97.56
ค่าเฉลี่ย		**24.06**	**96.25**		**24.21**	**96.84**
SD		**0.18**			**0.36**	
Max-Min		**0.49**			**0.81**	
%RPD		**2.04**			**3.35**	

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าซัลเฟต วิธี Determination of Anions by Ion chromatography มีค่า %Recovery = 96.25% และ %RPD = 2.04 และ วิธี Turbidimetric Method มีค่า %Recovery = 96.84% และ %RPD = 3.35 ตามลำดับ

1.2 ผลการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์สารละลายซัลเฟตที่ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้สถิติ t-Test แบบ Independent-sample t-Test

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์สารละลายซัลเฟตที่ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร

	Determination of Anions by Ion chromatography	Turbidimetric Method
Mean	24.062	24.211
Variance	0.034884444	0.142054444
Observations	10	10
Pearson Correlation	0.548143092	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	9	
t Stat	-1.491749688	
P(T<=t) one-tail	0.08498015	
t Critical one-tail	1.833112933	
P(T<=t) two-tail	0.169960301	
t Critical two-tail	2.262157163	

จากตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์สารละลายซัลเฟตที่ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ค่า t_{stat} ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 1.49 และค่า $t_{critical}$ มีค่าเท่ากับ 2.26 ดังนั้น $t_{stat} < t_{critical}$ แสดงว่าวิธีวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.3 ผลทดลองการตรวจสอบค่าซัลเฟตและเปรียบเทียบผลวิเคราะห์โดยใช้สถิติ t-Test ในตัวอย่างน้ำประปา จำนวน 20 ตัวอย่าง

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบค่าซัลเฟตของตัวอย่างน้ำประปา

ตัวอย่างน้ำประปา	Determination of Anions by Ion chromatography	Turbidimetric Method
1	23.98	21.18
2	10.07	9.81
3	10.15	8.54
4	3.21	4.5
5	19.54	15.44
6	6.87	5.99
7	2.7	4.51
8	5.74	5.34
9	5.88	5.47

10	0.27	0.57
11	1.34	1.08
12	8.91	8.87
13	12.13	10.86
14	35.04	35.56
15	3.68	4.87
16	6.08	5.63
17	23.32	23.72
18	27.04	23.8
19	2.88	4.19
20	4.68	5.37

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำประปา

	Determination of Anions by Ion chromatography	Turbidimetric Method
Mean	10.6755	10.265
Variance	96.11321553	83.00855263
Observations	20	20
Pearson Correlation	0.988989197	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	19	
t Stat	1.17357468	
P(T<=t) one-tail	0.127533759	
t Critical one-tail	1.729132812	
P(T<=t) two-tail	0.255067518	
t Critical two-tail	2.093024054	

จากตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ในตัวอย่างน้ำประปา 20 ตัวอย่าง พบว่า ค่า t_{stat} ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 1.17 และค่า $t_{critical}$ มีค่าเท่ากับ 2.09 ดังนั้น $t_{stat} < t_{critical}$ แสดงว่าวิธีวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.4 ผลทดลองการตรวจสอบค่าซัลเฟตและเปรียบเทียบผลวิเคราะห์โดยใช้สถิติ t-Test ในตัวอย่างน้ำบาดาล จำนวน 13 ตัวอย่าง

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบค่าซัลเฟตของตัวอย่างน้ำบาดาล

ตัวอย่างน้ำบาดาล	Determination of Anions by Ion chromatography	Turbidimetric Method
1	6.02	5.47
2	3.16	4.67
3	22.33	18.52
4	8.02	8.7
5	3.21	4.37
6	3.66	4.14
7	8.49	5.97
8	0.21	0.51
9	1.29	1.6
10	3.99	4.59
11	6.21	4.96
12	26.44	24.02
13	2.71	3.17

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำบาดาล

	Determination of Anions by Ion chromatography	Turbidimetric Method
Mean	7.364615385	6.976153846
Variance	63.53974359	45.42660897
Observations	13	13
Pearson Correlation	0.989521917	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	12	
t Stat	0.861716612	
P(T<=t) one-tail	0.202867032	
t Critical one-tail	1.782287556	
P(T<=t) two-tail	0.405734064	
t Critical two-tail	2.17881283	

จากตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ในตัวอย่างน้ำบาดาล พบว่า ค่า t_{stat} ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.86 และค่า $t_{critical}$ มีค่าเท่ากับ 2.17 ดังนั้น $t_{stat} < t_{critical}$ แสดงว่าวิธีวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ระดับความเชื่อมั่น 95%

<u>เอกสารอ้างอิง</u>

APHA/AWWA/WEF.Standard Method for the Examination of Water and Wastewater. 24^{ed} part 4110 B Ion Chromatography.

APHA/AWWA/WEF.Standard Method for the Examination of Water and Wastewater. 24^{ed} part 4500-SO_4^{2-} E.

AOAC Official Method of Analysis, Appendix F: Guideline for standard method performance requirement.