

## บทที่ 2

### วารสารปริทัศน์

#### 2.1 บทนำ

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์ ในร่างกายของเรามีน้ำเป็นองค์ประกอบ 60-70 % โดยน้ำหนัก วันหนึ่งๆ คนเราต้องสูญเสียน้ำไปเพื่อกิจกรรมต่างๆ ประมาณ 50 % โดยทางปอด ผิวหนัง และทางอุจจาระปัสสาวะ ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องหาน้ำเพื่อเข้าชดเชยวันละประมาณ 2,100 – 2,600 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งควรจะเป็นน้ำที่มีความสะอาดคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถใช้บริโภคได้ปลอดภัย ทั้งนี้ก็จะสัมพันธ์กับแหล่งน้ำที่ได้มา

#### 2.2 แหล่งน้ำโดยทั่วไป มีอยู่ 3 แหล่ง ดังนี้

2.2.1 น้ำจากบรรยากาศ ได้แก่ น้ำฝน น้ำค้าง น้ำประเพณีจะเกิดขึ้นตามฤดูกาลและสถานที่ตั้งของท้องถิ่น คุณภาพโดยทั่วไปของน้ำประเพณีนี้จัดว่าเป็นน้ำที่สะอาดที่สุดที่หาได้ตามธรรมชาติ แต่คุณภาพของน้ำจะเปลี่ยนไป เนื่องจากสภาพอากาศก๊าซและฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศ รวมทั้งปัจจัยอื่น อาทิเช่น พื้นที่รองรับน้ำฝน หลังคาบ้าน และภาชนะสำหรับเก็บกักน้ำฝน

2.2.2 น้ำผิวดิน ได้แก่ น้ำจากทะเลสาบ แม่น้ำ ลำคลอง สระเก็บน้ำ หนองบึง คุณภาพน้ำประเพณีนี้โดยทั่วไปจะมีความโสโครกสูง เนื่องจากมีแร่ธาตุต่างๆ รวมทั้งจุลินทรีย์ปะปนอยู่เป็นจำนวนมาก

2.2.3 น้ำใต้ดิน ได้แก่ น้ำบาดาล น้ำพุ คุณภาพของน้ำประเพณีนี้ทางกายภาพและทางจุลินทรีย์มักจะไม่ค่อยมีปัญหาหากแหล่งน้ำดังกล่าวได้รับการขุดเจาะที่ถูกวิธีและเหมาะสมไม่อยู่ใกล้แหล่งปฏิกูล แต่คุณภาพทางด้านเคมีมักจะมีแร่ธาตุๆ เจือปนขึ้นอยู่กับสภาพทางธรณีวิทยาของแต่ละพื้นที่

#### 2.3 คุณสมบัติของน้ำ

สามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะสิ่งเจือปนที่มีอยู่ในน้ำหรือสิ่งเจือปนที่น้ำไหลผ่าน มี 3 ลักษณะ ดังนี้

##### 2.3.1 ทางกายภาพ (Physical Characteristics)

2.3.1.1 ความขุ่น (Turbidity) เกิดจากสารละลายพวกคอลลอยด์ ดินทราย สารอินทรีย์ต่างๆ สมบัติของน้ำนี้จะไม่มีผลโดยตรงต่อสุขภาพของผู้บริโภคแต่จะทำให้ไม่น่าดื่ม

2.3.1.2 สี (Colour) เกิดจากการเน่าเปื่อยของสาร รวมทั้งสารอินทรีย์บางชนิด เช่น สาหร่ายและพืช น้ำสีในน้ำจะทำให้ไม่น่าบริโภคจึงจำเป็นต้องกำจัดออกไปก่อนนำมาใช้

2.3.1.3 รสและกลิ่น (Taste and Odour) เกิดจากเกลือของสารอนินทรีย์ ก๊าซที่ละลายน้ำ สารประกอบพวกอินทรีย์สาร

2.3.1.4 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปกติน้ำตามธรรมชาติจะมี pH ระหว่าง 5.5-9.0 การวัดค่า pH มีประโยชน์ ดังนี้

1. ช่วยการควบคุมการกัดกร่อน
2. ทำให้ทราบปริมาณการเติมสารเคมีเพื่อใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำได้อย่างถูกต้อง
3. ช่วยควบคุมในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำ

### 2.3.2 ทางเคมี (Chemical Characteristics)

โดยปกติน้ำผิวดินจะมีปริมาณของสารเคมีโดยเฉพาะแร่ธาตุน้อยกว่าน้ำใต้ดิน ทั้งนี้เนื่องจากน้ำใต้ดินละลายพวกเกลือแร่ แร่ธาตุต่างๆ ที่อยู่ในชั้นดิน ชั้นหินไปด้วย

#### 2.3.2.1 แร่ธาตุต่างๆ ที่ตรวจพบได้ในแหล่งน้ำ คือ

1. **พวกสารพิษ** เช่น Arsenic, Barium, Cadmium, Chromium, Lead, Mercury, Selenium, Silver หากน้ำมีปริมาณของสารเหล่านี้เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ เมื่อนำมาใช้บริโภคจะก่อให้เกิดโรค หรือ ความผิดปกติของเนื้อเยื่อ สมอง ระบบประสาท และอวัยวะส่วนอื่นๆ ได้

2. **คลอไรด์** ความเข้มข้นของคลอไรด์ถ้าเกินกว่า 250 มก./ลิตร ทำให้รสชาติเปลี่ยน และอาจแสดงว่าน้ำนั้นได้รับการปนเปื้อนจากแหล่งน้ำเสีย

3. **ทองแดง** ทำให้น้ำมีรสชาติไม่น่าบริโภค

4. **ฟลูออไรด์** ถ้าแหล่งน้ำมีปริมาณฟลูออไรด์ตามธรรมชาติพอเหมาะประมาณ 0.8 – 1.2 มก./ลิตร จะช่วยป้องกันฟันผุ ถ้ามีปริมาณสูงถึง 2.0 มก./ลิตรหรือมากกว่า จะทำให้เกิดโรคฟันตกกระ (Dental fluorosis)

5. **เหล็ก** ทำให้มีผลต่อรสชาติเครื่องดื่ม ชา กาแฟ

6. **แมงกานีส** ทำให้สีและรสชาติไม่เหมาะต่อการบริโภค

7. **ไนเตรต** ถ้ามีปริมาณมากเกินไปในทารก จะทำให้เกิดโรค Methemoglobinemia (Blue Baby Disease) และเกิดความผิดปกติในหญิงมีครรภ์

8. **ซัลเฟต** ปริมาณซัลเฟตในน้ำเกิดจากพวก  $MgSO_4$  หรือ  $Na_2SO_4$  หากร่างกายได้รับปริมาณมากเกินไปทำให้ท้องผูก

9. **สังกะสี** หากมีปริมาณมากเกินไป จะทำให้น้ำมีคุณภาพไม่น่าดื่ม

10. **แอลคาไลน์ตี (Alkalinity) และแอซิดตี (Acidity)** แอลคาไลน์ตีอยู่ในรูปของไบคาร์บอเนต ( $HCO_3^-$ ), คาร์บอเนต ( $CO_3^{2-}$ ) และไฮดรอกไซด์ ( $OH^-$ ) ส่วนแอซิดตีอยู่ในรูปของ  $CO_2$ , เกลือแร่, organic acid การทราบปริมาณของสารเหล่านี้จะใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำ

11. **ความกระด้าง (Hardness)** เกิดจากน้ำมีพวกไบคาร์บอเนต ( $HCO_3^-$ ), คลอไรด์ ( $Cl^-$ ), ซัลเฟต ( $SO_4^{2-}$ ) และไนเตรต ( $NO_3^-$ ) ของแคลเซียม แมกนีเซียม น้ำกระด้างมี 2 ชนิด คือ

1. **น้ำกระด้างชั่วคราว** เกิดจากคาร์บอเนตหรือไบคาร์บอเนต ของแคลเซียมหรือแมกนีเซียม ซึ่งกำจัดได้โดยการต้ม

## 2. น้ำกระด้างถาวร เกิดจากเกลือของแคลเซียมหรือแมกนีเซียม ชนิด คลอไรด์หรือซัลเฟต

2.3.3. ทางจุลินทรีย์ น้ำที่ใช้บริโภคต้องปราศจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ซึ่งมาจากสิ่งขับถ่ายของคนที่เป็นโรค ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำทางด้านนี้เพื่อแน่ใจว่าแหล่งน้ำปลอดภัยและเหมาะสมในการบริโภค

แบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์ม หากมีเกินมาตรฐาน แสดงว่ากระบวนการฆ่าเชื้อยังไม่เหมาะสมแบคทีเรียชนิดนี้พบในอุจจาระ, ลำไส้ของสัตว์เลี้ยง นก และสัตว์น้ำบางชนิด

อี.โค.ไล จะเป็นตัวชี้ว่าน้ำนั้นมีจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคทางเดินอาหาร หรืออุจจาระปะปนมากับน้ำนั้น

จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรค น้ำบริโภคจะต้องไม่มีเชื้อจุลินทรีย์พวกนี้ปะปนอยู่เลย

### 2.4. การตรวจวิเคราะห์คุณภาพและตัวชี้บ่งน้ำเพื่อการบริโภค

เมื่อพิจารณาตามมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคของกระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทย สามารถแยกพารามิเตอร์ที่จะตรวจสอบหรือเป็นตัวชี้บ่งคุณภาพน้ำมีรายละเอียดดังนี้

#### 2.4.1 สี (Color)

สีของน้ำโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ สีแท้ (True Color) เป็นสีของน้ำที่เกิดจากการย่อยสลายของสิ่งมีชีวิตหรืออนุภาคคอลลอยด์ต่างๆ ส่วนอีกชนิดคือ ชนิด สีปรากฏ (Apparent Color) มีสาเหตุจากปัจจัยภายนอกที่มาจากสารแขวนลอยต่างๆ ที่ปนเข้ามาภายหลัง โดยมากสีของน้ำธรรมชาติเทียบกับสีที่เกิดจากเกลือแพลตตินัมในรูปของ  $K_2PtCl_6$  (โพแตสเซียมคลอโรแพลตตินเนต) ซึ่งหากเป็นน้ำเพื่อการบริโภคไม่ควรจะมีสีธรรมชาติปรากฏอย่างชัดเจน

**ความสำคัญ** ใช้กำหนดความสะอาดเบื้องต้นและแหล่งน้ำซึ่งจะบ่งถึงอันตรายที่ปะปนมา

**การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์** ให้เก็บด้วยขวดที่สะอาดและทำการวิเคราะห์โดยเร็ว การวิเคราะห์สามารถใช้การเปรียบเทียบสีโดยใช้หลอดเนสเตอร์ ส่วนอีกวิธีโดย Test Kit

#### 2.4.2 ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นของน้ำเกิดจากการที่สารแขวนลอยต่างๆ เช่น ดิน ตะกอน สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ แพลงตอน และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กปะปนมากับน้ำ

**ความสำคัญ** ถ้ามีในน้ำดื่มทำให้ไม่น่าบริโภคและอาจเป็นแหล่งเกิดเชื้อโรค รวมถึงการเกิดสาเหตุนี้วในระบบร่างกายหากบริโภคเข้าไป

การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ ให้วิเคราะห์ทันทีเมื่อเก็บตัวอย่างมาหากจำเป็นต้องเก็บให้เก็บที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในที่ที่บแสง และวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง การวิเคราะห์ตามมาตรฐานใช้วิธี เนฟิ โลเมตริก ( Nephelometric Methode) วิธีนี้เหมาะสำหรับการอ่านค่าความขุ่นตั้งแต่ ต่ำกว่า 5 หน่วย ไปจนถึง

ค่าความขุ่นสูง โดยใช้หลักการเปรียบเทียบความเข้มข้นของแสงที่ส่องผ่านตัวอย่างน้ำกับความเข้มข้นของ แสงที่ผ่านสารละลายที่มีความขุ่นมาตรฐาน (Standard reference Suspension) ถ้ามีความขุ่นของตัวอย่างสูงจะ ทำให้ความเข้มของแสงที่ผ่านออกมาน้อย

#### 2.4.3 ค่า pH

พีเอช เป็นค่าที่แสดงปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคไฮโดรเจน ( $H^+$ ) ในน้ำ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ ความเป็นกรด-เบส ของสารละลาย สมบัติความเป็นกรดจะมีพีเอช น้อยกว่า 7 ส่วนความเป็นด่างจะมีค่าพีเอช มากกว่า 7 และสภาพเป็นกลางจะมีพีเอชเท่ากับ 7

**ความสำคัญ** ค่าพีเอชเป็นค่าที่ใช้ควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และความสามารถในการ ละลายของอ็อกซิเจนซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์และอ็อกซิเจนต่างๆ

**การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์** การวิเคราะห์ให้วิเคราะห์ทันที ณ แหล่งเก็บหรือเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง โดยการวัดทำได้ 3 วิธี

1. กระดาษพีเอช เป็นวิธีที่ง่ายแต่ค่าที่ได้เป็นค่าโดยประมาณ
2. การเทียบสีกับสารละลายมาตรฐานที่ทราบค่าพีเอช ที่เรียกว่า สารละลายอินดิเคเตอร์ วิธีนี้จะได้ ค่าที่ละเอียดกว่าวิธีแรก
3. การใช้มาตรวัดพีเอช (pH meter) ใช้หลักการทางเคมีไฟฟ้าทำให้สามารถวัดค่าได้ละเอียดถึง ทศนิยม 3 ตำแหน่ง (สำหรับเครื่องบางรุ่น)

#### 2.4.4 ค่าสภาพนำไฟฟ้า (Conductivity)

สภาพนำไฟฟ้าเป็นตัวเลขที่บอกถึงความสามารถของน้ำในการนำกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นทั้งหมดของอนุภาคที่มีประจุที่ละลายอยู่ในตัวอย่างน้ำ ขึ้นกับอุณหภูมิ ชนิดอนุภาค และ ความเข้มข้นจำนวนประจุของสารที่มีประจุ จะมีผลต่อความสามารถในการนำไฟฟ้าของน้ำ โดย สารประกอบที่มีสมบัตินำไฟฟ้าดี คือ สารประกอบอนินทรีย์ของกรด-เบส และเกลือ

**ความสำคัญ** ใช้ในการตรวจความบริสุทธิ์ของน้ำในการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของโลหะ ที่ละลายเช่น ในน้ำกระด้างหรือน้ำกร่อย

**การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์** ปกติจะทำการวัดตัวอย่างที่จุดเก็บ หากจำเป็นต้องเก็บให้เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส และวัดภายใน 24 ชั่วโมง โดยใช้ Conductivity meter

#### 2.4.5 ความกระด้าง (Hardness)

น้ำธรรมชาติมักมีแคลเซียมและแมกนีเซียมมากกว่าโลหะอื่นๆ ซึ่งเป็นต้นเหตุของความกระด้าง ความกระด้างของน้ำเป็นการวัดความสามารถของน้ำที่จะตกตะกอนสบู่ สาเหตุเกิดจากไอออนบวกของโลหะ

แคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) แมกนีเซียม ( $\text{Mg}^{2+}$ ) สตรอนเทียม ( $\text{Sr}^{2+}$ ) เหล็ก ( $\text{Fe}^{2+}$ ) และแมงกานีส ( $\text{Mn}^{2+}$ ) ความกระด้าง น้ำส่วนใหญ่มาจากชั้นของดินและหินที่น้ำไหลผ่าน ดังนั้นน้ำใต้ดินมักจะมี ความกระด้างมากกว่าน้ำผิวดิน ความกระด้างของน้ำแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

##### 1. พิจารณาตามไอออนบวกของโลหะที่อยู่ในน้ำ

- ความกระด้างเนื่องจากแคลเซียม (Calcium Hardness)
- ความกระด้างเนื่องจากแมกนีเซียม (Magnesium Hardness)

##### 2. พิจารณาตามไอออนลบที่อยู่ร่วมกับแคลเซียมและแมกนีเซียม

- ความกระด้างชั่วคราว (Temporary Hardness) เกิดจากเกลือโลหะ Ca และ Mg ในรูป คาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตในน้ำ  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  ,  $\text{CaCO}_3$  ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  และ  $\text{MgCO}_3$  น้ำกระด้างชนิดนี้สามารถทำให้อ่อนได้โดยการต้ม
- ความกระด้างถาวร (Permanent Hardness) เกิดจากเกลือพวก ซัลเฟตและคลอไรด์ของ โลหะ Ca และ Mg ในรูป  $\text{CaSO}_4$  ,  $\text{CaCl}_2$  ,  $\text{MgSO}_4$  ,  $\text{MgCl}_2$  ไม่สามารถแก้ความกระด้าง โดยวิธีการต้ม จำเป็นต้องใช้วิธีทางเคมี

ความกระด้างในแง่การวิเคราะห์อาจขีดปริมาณ  $\text{CaCO}_3$  เป็นเกณฑ์การแบ่งได้ดังนี้

น้ำอ่อนมีความกระด้าง 0-75 mg/l as  $\text{CaCO}_3$

น้ำค่อนข้างกระด้าง 75 – 150 mg/l as  $\text{CaCO}_3$

น้ำกระด้าง 150 – 300 mg/l as  $\text{CaCO}_3$

น้ำกระด้างมากกว่า 300 mg/l as  $\text{CaCO}_3$

**ความสำคัญ** ปัญหาความกระด้างนอกจากทำให้สบู่เกิดฟองยากแล้วยังเป็นต้นเหตุของตะกรันใน หม้อต้มน้ำ เนื่องจากไอออนโลหะทำปฏิกิริยากับประจุลบบางตัวภายใต้สภาวะที่น้ำมีอุณหภูมิสูงนอกจากนี้ อาจทำให้รสของน้ำผิดปกติ และการต้มน้ำที่มีความกระด้างสูงจะก่อให้เกิดโรคนิ่วได้ ส่วนถ้ามีค่าความ กระด้างอ่อนเกินไปจะส่งผลให้ค่า พีเอชของน้ำต่ำจะเกิดการกัดกร่อนสูงต่อระบบท่อส่งน้ำและปั้มน้ำ

**การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์** การเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ความกระด้าง เก็บไว้ที่ อุณหภูมิห้องหรือต่ำกว่า ได้นาน 6 เดือน โดยให้มี pH < 2 ด้วยการเติมกรด  $\text{HNO}_3$  หรือ  $\text{H}_2\text{SO}_4$  การ วิเคราะห์นิยมใช้วิธีการไตเตรตด้วยอีดีทีเอ (EDTA Titrimetric Method) หรือไม่ก็อาจใช้วิธีการคำนวณ

#### 2.4.6 ปริมาณสารทั้งหมด (Total Solids), TS

ของแข็งทั้งหมด (solids) เป็นตะกอนที่เหลืออยู่ภายหลังจากที่ผ่านการระเหยด้วยไอน้ำและทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 – 105 องศาเซลเซียส จะได้ตะกอนของสารที่มีในน้ำตัวอย่างเท่านั้นซึ่งตะกอนที่ได้มีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ในการวิเคราะห์หาค่า Solids จะใช้ gravimetric method

**ความสำคัญ** ของการหาค่า Solids มีประโยชน์มากในการที่ใช้พิจารณาความเหมาะสมของน้ำที่จะนำมาทำเป็นน้ำบริโภคอุปโภคโดยน้ำที่มีค่า total solids สูงมีคุณสมบัติในการระบายท้อง ซึ่งได้กำหนดน้ำที่จะนำมาใช้ทำน้ำประปามีค่า total solids น้อยกว่า 500 mg/l

**การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์** ตัวอย่างสามารถเก็บได้ในตู้เย็นและอยู่ได้นาน 7 วันวิเคราะห์โดยการหาค่าสารที่เหลืออยู่ภายหลังจากนำน้ำไประเหยและทำให้แห้งภายใต้สภาวะมาตรฐานที่กำหนด

#### 2.4.7 ปริมาณคลอไรด์ (Chloride)

คลอไรด์พบอยู่ในน้ำตามธรรมชาติทั่วไปปริมาณขึ้นอยู่กับชนิดของแหล่งน้ำ น้ำตามแม่น้ำและน้ำใต้ดิน มีปริมาณคลอไรด์มากโดยทั่วไปเกลือคลอไรด์มีความสามารถละลายน้ำได้ดี

**ความสำคัญ** คลอไรด์ในปริมาณที่เหมาะสม ไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ พบว่าถ้าคลอไรด์มีอยู่ในความเข้มข้นที่สูงกว่า 250 mg/l จะทำให้น้ำมีรสเค็ม ดังนั้นมาตรฐานจึงได้กำหนดให้น้ำประปาจะต้องมีคลอไรด์ไม่เกิน 250 mg/l แต่บางกรณีน้ำอาจมีคลอไรด์สูงเกิน 1000 mg/l แต่ไม่มีรสเค็มเนื่องจากมีโซเดียมน้อย แต่จะมีพวกแคลเซียมและแมกนีเซียมมากซึ่งอาจส่งผลเสียต่อท่อ

**การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์** ตัวอย่างเก็บได้ไม่เกิน 28 วัน การวิเคราะห์มีหลายวิธี อาจเป็น Argentometric หรือ Mohr Method ใช้ในกรณีที่มีความเข้มข้นสูง หากต้องการวิเคราะห์ที่ความเข้มข้นต่ำๆ จะใช้วิธี Ion Chromatograph โดยเฉพาะตัวอย่างน้ำดื่ม

#### 2.4.8 ปริมาณฟลูออไรด์ (Fluoride)

ฟลูออไรด์มีอยู่ในน้ำโดยธรรมชาติ หรืออาจจะเติมสารนี้ในรูปเกลือฟลูออไรด์ในปริมาณที่ควบคุม **ความสำคัญ** ฟลูออไรด์ที่ความเข้มข้น 1.0 mg/l ในน้ำดื่ม สามารถช่วยลดการเกิดโรคฟันผุโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพแต่หากปริมาณฟลูออไรด์มากเกินไปกว่าระดับที่กำหนดอาจเกิดโรค Fluorosis ดังนั้นมาตรฐานจึงกำหนดให้มีฟลูออไรด์ในน้ำไม่เกิน 1.50 mg/l

**การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์** วิเคราะห์ อาจใช้วิธี SPADSN colorimetric Method สามารถวิเคราะห์ฟลูออไรด์ ในช่วงเข้มข้น 0.05 ถึง 1.4 mg/l ในขณะที่วิธี Electrode method ใช้หาฟลูออไรด์ได้ ในช่วง 0.1 mg/l เป็นต้นไป โดยที่ตัวอย่างสามารถเก็บได้นาน 28 วัน

#### 2.4.9 ปริมาณซัลเฟต (Sulfate)

น้ำธรรมชาติ เช่น น้ำบาดาล น้ำบ่อตื้น จะพบปริมาณซัลเฟตมากน้อยต่างกัน ดินเหนียวที่พบซัลเฟตมาก อาจมาจากการทำเหมืองแร่ โดยการออกซิเดชันของแร่ไพไรต์ และการทิ้งน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

**ความสำคัญ** ผู้บริโภคที่ดื่มน้ำที่มีปริมาณซัลเฟตมากจะก่อให้เกิดการระคายเคือง ส่วนปัญหาทางอุตสาหกรรมเป็นตัวทำให้เกิดตะกอนในระบบหม้อน้ำและการกัดกร่อนในท่อ

**การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์** การวิเคราะห์มีหลายวิธี ทั้งนี้ผู้วิเคราะห์ควรเลือกวิธีซึ่งเหมาะสมกับค่าซัลเฟตที่ต้องการทราบ โดยพิจารณาจากขีดจำกัดของวิธีวัดนั้นๆ โดยวิธี Ion chromatography เป็นวิธีที่สามารถวัดปริมาณซัลเฟตได้ในระดับต่ำ เหมาะสำหรับตรวจวิเคราะห์น้ำที่มีความสะอาด หรือน้ำเพื่อการบริโภค ส่วนวิธี Turbidimetric (วิธีความขุ่น) เป็นวิธีที่ง่ายสะดวกรวดเร็วไม่ต้องการเครื่องมือราคาแพง สามารถหาปริมาณ ซัลเฟตในปริมาณต่ำๆ ได้ดี ช่วง 1 ถึง 40 mg/l หากตัวอย่างมีค่าซัลเฟตสูงสามารถเจือจางตัวอย่างน้ำ ถ้าหากตัวอย่างมี ซัลเฟตปริมาณสูงมากๆ วิธี Gravimetric เป็นวิธีที่ใช้หาปริมาณ ซัลเฟตได้ดีโดยช่วงมากกว่า 10 mg/l ขึ้นไปนอกจากนี้ยังมีวิธี Automated methylthymol blue method ซึ่งสามารถวัดปริมาณซัลเฟตจำนวนมากๆ ได้ดี ตัวอย่างสามารถเก็บในตู้เย็นได้นาน 28 วัน

#### 2.4.10 ปริมาณไนเตรต (Nitrate)

ไนเตรตเป็นอนุมูลไอออนลบในกลุ่มที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบซึ่งสารประกอบไนโตรเจนมีมากมายหลายรูปในวาเลนซ์ที่ต่างกัน เช่น  $\text{NH}_3$  ,  $\text{N}_2$  ,  $\text{N}_2\text{O}$  ,  $\text{NO}$  ,  $\text{N}_2\text{O}_3$  ,  $\text{NO}_2$  ,  $\text{N}_2\text{O}_5$  หากจะดูในรูปของอนุมูลไอออน เช่น  $\text{NH}_4^+$  ,  $\text{NO}_2^-$  และ  $\text{NO}_3^-$  โดยสารเหล่านี้อยู่ในรูปของเกลือปุ๋ย สาเหตุที่สารเหล่านี้เข้ามามีบทบาทในน้ำ (ทั้งน้ำสะอาดและน้ำเสีย) เพราะสามารถเปลี่ยนจากรูปสารอินทรีย์ไปเป็นสารอนินทรีย์ โดยขบวนการ Mineralization โดยแบคทีเรียจากธรรมชาติบางกลุ่มจะทำการเปลี่ยนสารอินทรีย์ในโตรเจน เช่น โปรตีน ปุ๋ยคอก ซากพืชและสัตว์ ให้เป็นสารอนินทรีย์เข้าสู่ระบบน้ำต่อไป

**ความสำคัญ** ในธรรมชาติวัฏจักรไนโตรเจนจะเกิดขึ้นเพื่อให้พืชได้ใช้ในการดำรงชีพ แต่ในน้ำผิวดินจะพบไนเตรตน้อยมากแต่จะพบในระดับสูงที่น้ำใต้ดินบางแห่ง ในทารกเมื่อมีการบริโภคน้ำที่มีการปนเปื้อนไนเตรตสูงจะมีส่วนในการทำให้เกิดโรค Methemoglobinemia เป็นภาวะที่ทารกขาดออกซิเจนในเลือด **การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์** มาตรฐานกำหนดให้ในน้ำดื่มมีไนเตรตไม่เกิน 10 mg/l การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรตในน้ำดื่มนิยมใช้ 2 วิธี คือ วิธีแคดเมียมรีดักชัน (Cadmium Reduction Method) และ วิธี Ion chromatography ตัวอย่างเก็บในตู้เย็นได้นาน 48 ชั่วโมง

#### 2.4.11 ปริมาณไซยาไนด์ (Cyanides)

สารประกอบไซยาไนด์แบ่งออกเป็นสารประกอบเชิงเดี่ยวและเชิงซ้อน สารประกอบเชิงเดี่ยว ได้แก่ สารประกอบไซยาไนด์ของโลหะอัลคาไลด์ เช่น  $\text{NaCN}$ ,  $\text{KCN}$ ,  $\text{Ag}(\text{CN})_2$  หมู่ไซยาไนด์เมื่อละลายน้ำจะอยู่ในรูปของไอออนไซยาไนด์ ( $\text{CN}^-$ ) และในรูป  $\text{HCN}$  โดยอัตราส่วนของหมู่ไซยาไนด์ทั้งสอง ขึ้นอยู่กับพีเอชและค่าคงที่การละลาย ส่วนสารประกอบไซยาไนด์ในรูปสารเชิงซ้อน เช่น  $\text{K}_4(\text{Fe}(\text{CN})_6)$  สารกลุ่มนี้โลหะไซยาไนด์ไอออนจะคงตัวไม่สลายตัวง่ายพิษไม่ร้ายแรง ดังนั้นความเป็นพิษของไซยาไนด์จะอยู่ในรูปของไอออนไซยาไนด์จากสารประกอบเกลือเชิงเดี่ยว น้ำธรรมชาติทั่วไปหากไม่มีการปนเปื้อนโดยน้ำเสียจากอุตสาหกรรมบางประเภทจะไม่พบไซยาไนด์เนื่องจากไซยาไนด์สามารถถูกออกซิไดส์โดย คลอรีน หรือ ซัลไฟด์

**การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์** การเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ให้ใช้  $\text{NaOH}$  ปรับพีเอชระหว่าง 12 – 12.5 ใส่ขวดสีชาเก็บไว้ในตู้เย็น ให้วิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง ส่วนการวิเคราะห์ทำได้หลายวิธี เช่น ใช้วิธีการไตเตรต ซึ่งต้องมีวิธีการเตรียมตัวอย่างโดยวิธีการกลั่น ตัวอย่างที่นิยมใช้วิธีนี้จะเป็นน้ำเสียจากอุตสาหกรรม ส่วนวิธีวัดโดยการเทียบสี (colorimetric method) ก็เป็นอีกวิธีที่ต้องกลั่นตัวอย่างก่อนเพื่อลดสารรบกวน สองวิธีที่กล่าวจะใช้ได้กับตัวอย่างที่เป็นน้ำเสีย หากตัวอย่างเป็นน้ำสะอาดหรือน้ำเพื่อการบริโภคนิยมใช้วิธีทาง Electro chemistry แบบ Ion selective electrode หรือ อาจใช้วิธี Ion chromatography -

#### 2.4.12 ปริมาณสารอินทรีย์ละลายน้ำ (Total Organic Carbon)

โดยทั่วไปการวิเคราะห์สารอินทรีย์ในน้ำเสียจะสนใจในพารามิเตอร์ ทาง ค่า BOD และ COD แต่ในระบบน้ำธรรมชาติหรือน้ำบริสุทธิ์การจะหาสารอินทรีย์ละลายในน้ำจะใช้วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ละลาย (Total Organic Carbon), TOC ซึ่งนิยมใช้เป็นพารามิเตอร์ควบคุมคุณภาพของน้ำในงานการผลิตและเวชภัณฑ์ โดยปกติปริมาณสารอินทรีย์ในระบบน้ำดื่มจะถูกกำจัดออกได้โดยการใช้ถ่านดูดซับแต่ก็มีสารอินทรีย์บางกลุ่มที่สามารถผ่านจากชั้นการดูดซับด้วยถ่านได้หากระบบการดูดซับด้วยถ่านถูกออกแบบมาไม่ดีพอ สารอินทรีย์เหล่านี้รวมไปถึงสารปราบศัตรูพืชที่เกษตรกรนิยมใช้กันด้วย

**ความสำคัญ** สารอินทรีย์เหล่านี้สามารถสะสมในร่างกายและก่อให้เกิดมะเร็งในอนาคต หากจะใช้เกณฑ์กำหนดมาตรฐานของน้ำบริโภคให้ปลอดภัยจากสารอินทรีย์ดังกล่าวอาจใช้มาตรฐานน้ำเพื่อการผลิตเวชภัณฑ์ซึ่งกำหนดค่า TOC ต้องไม่เกิน 0.5 mg/l

**การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์** ใช้ภาชนะแก้วเก็บตัวอย่างควรเก็บให้เต็มภาชนะนำแช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส เก็บได้นาน 7 วัน ก่อนการนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ ตัวอย่างควรมีพีเอชเป็นกรด หรือ กลาง การวิเคราะห์จะใช้วิธี ออกซิเดชัน แต่ปัจจุบันก็ได้มีการใช้เทคนิค Combustion เข้ามาเป็นทางเลือกอีกวิธี

### 2.4.13 ปริมาณโลหะ

โลหะในน้ำดื่มที่จะกล่าวนี้จะหมายถึงประเภทโลหะละลาย ซึ่งตามมาตรฐานกำหนดให้ตรวจวัดทั้งหมดดังนี้

1. อลูมิเนียม (Aluminium) โดยทั่วไปสามารถพบเกลืออลูมิเนียมเกือบทุกชนิดที่ประปนอยู่ในน้ำธรรมชาติ รวมทั้งการแขวนลอยในรูปคอลลอยด์ (Colloid) และรูปสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ นอกจากนั้นอาจพบในการโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม

2. สารหนู (Arsenic) สารหนูหรืออาร์เซนิก สามารถพบได้ในน้ำธรรมชาติ โดยเฉพาะน้ำบาดาลซึ่งเกิดจากการละลายของธาตุในดิน นอกจากนี้ยังพบได้ในน้ำทิ้งจากโรงงานและบริเวณที่มีการใช้สารฆ่าแมลง อาร์เซนิกเป็นสารที่เป็นพิษต่อสุขภาพหากบริโภคเข้าไปเพียง 100 mg อาจถึงอันตรายต่อชีวิต และนอกจากนี้ยังสามารถสะสมอยู่ในร่างกายที่เป็นสาเหตุของโรคมะเร็ง ดังนั้นน้ำดื่มจึงกำหนดมาตรฐานไม่เกิน 0.05 mg/l

3. แบเรียม (Barium) น้ำธรรมชาติทั่วไปมักพบแบเรียมปริมาณน้อย สารประกอบของแบเรียมหลายชนิดสามารถละลายน้ำได้ สามารถตกผลึกในรูปของ เกลือคาร์บอเนตและซัลเฟตได้ง่าย เกลือแบเรียมจัดเป็นสารกระตุ้นกล้ามเนื้อโดยเฉพาะกล้ามเนื้อหัวใจ และเป็นสาเหตุทำให้ความดันโลหิตสูงขึ้น ร่างกายสามารถขับแบเรียมออกได้อย่างรวดเร็วจึงไม่เกิดการสะสม ดังนั้นมาตรฐานจึงกำหนดให้น้ำดื่มมีแบเรียมได้ไม่เกิน 1.0 mg/l

4. แคดเมียม (Cadmium) เราสามารถพบแคดเมียมได้ทั้งในแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินเนื่องจากการปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมประเภท เซรามิก การชุบและหลอมโลหะ อุตสาหกรรมถ่านรูป แคดเมียมเป็นโลหะที่มีพิษร้ายแรงสามารถเข้าสะสมในร่างกายที่ ตับ ไต และตับอ่อน ดังนั้นน้ำดื่มจึงกำหนดให้พบปริมาณแคดเมียมได้ไม่เกิน 0.01 mg/l

5. โครเมียม (Chromium) โลหะโครเมียมในน้ำสามารถพบได้ทั้ง  $Cr^{6+}$ ,  $Cr^{3+}$  โดยที่  $Cr^{6+}$  มีพิษมากกว่าและพบได้มากกว่า  $Cr^{3+}$  ในการตรวจวิเคราะห์จะนิยมตรวจวิเคราะห์โครเมียมทั้งหมด โครเมียมมีพิษต่อร่างกายดังนั้นจึงกำหนดให้น้ำดื่มมีได้ไม่เกิน 0.05 mg/l

6. ทองแดง (Copper) การกำจัดสาหร่ายในแหล่งน้ำดิบของระบบประปา จะนิยมใช้ เกลือซัลเฟตของทองแดง ( $CuSO_4$ ) ดังนั้นจึงมักพบทองแดงปะปนมาทั้งในน้ำดิบและน้ำประปา โดยปกติไม่ควรพบทองแดงในน้ำดิบและน้ำประปาสูงกว่า 0.01 mg/l ถือว่าทองแดงไม่ใช่สารที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย แต่เป็นธาตุอาหารที่ร่างกายต้องการในปริมาณที่น้อย หากรับประทานเข้าไปมากประมาณ 60-100 mg อาจทำให้กระเพาะอาหารทำงานผิดปกติ

7. เหล็ก (Iron) ในธรรมชาติมักจะมีเหล็กอยู่เสมอ โดยเฉพาะน้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ หากมีปริมาณมากจะมีผลต่อเรื่องของคุณภาพด้านสี ความขุ่นและกลิ่น โดยเฉพาะการเกิดคราบสีเหลืองที่สุขภัณฑ์ และเสื้อผ้า เหล็กที่อยู่ในน้ำใต้ดินจะพบในรูป เหล็กเฟอรัส ( $Fe^{2+}$ ) เช่น เฟอรัสซัลเฟต ( $FeSO_4$ ) หรือเฟอรัสคลอไรด์ ( $FeCl_2$ ) ซึ่งอยู่ในรูปขาคอกซิเจน แต่เมื่อนำน้ำบาดาลขึ้นจากบ่อและถูกสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ น้ำจะเริ่มขุ่นเพราะเหล็กเฟอรัสจะถูกออกซิไดส์กลายเป็นเหล็กเฟอริก ( $Fe^{3+}$ ) ซึ่งมีค่าการ

ละลายน้ำต่ำ ในรูป เฟริกไฮดรอกไซด์ ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) แม้ว่าเหล็กจะเป็นองค์ประกอบของระบบเม็ดเลือดของสิ่งมีชีวิต โดยทั่วไปไม่ควรดื่มน้ำที่มีเหล็กเกิน 0.3 mg/l ร่างกายสามารถสะสมเหล็กไว้ที่ตับและจะส่งผลทำให้เป็นโรคเกี่ยวกับตับ

8. แมงกานีส (Manganese) โดยทั่วไปมักพบอยู่ในน้ำพร้อมกับเหล็กแต่พบปริมาณน้อยกว่าและพบในน้ำบาดาลมากกว่าน้ำผิวดิน แมงกานีสที่ละลายน้ำ ( $\text{Mn}^{2+}$ ) จะอยู่ในรูป แมงกานีสไบคาร์บอเนต คลอไรด์ ซัลเฟต ดังนั้นน้ำประปาและน้ำดื่ม จะมีแมงกานีสไม่เกิน 0.1 mg/l เนื่องจากแมงกานีสเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศจะได้ออกไซด์แมงกานีสในรูปไม่ละลายน้ำ และยังก่อให้เกิดสีและคราบสกปรกให้สุขภัณฑ์

9. ตะกั่ว (Lead) ในน้ำธรรมชาติและน้ำประปาสามารถพบตะกั่วได้ในปริมาณที่น้อย สาเหตุการปนเปื้อนของตะกั่วในแหล่งน้ำธรรมชาติเนื่องจากการปล่อยน้ำเสียจากภาคอุตสาหกรรม และจากน้ำฝนที่ชะล้าง

สารตะกั่วจากอากาศและพื้นดินลงสู่แหล่งน้ำ ในระบบประปาอาจมีตะกั่วปะปนมาได้จากน้ำดิบที่ใช้ผลิต และจากท่อจ่ายน้ำบริเวณข้อต่อที่มีการเชื่อมด้วยตะกั่ว ตะกั่วเป็นโลหะที่มีพิษร้ายแรงต่อร่างกายมนุษย์และสัตว์ ร่างกายสามารถขับถ่ายตะกั่วออกได้บางส่วน ส่วนที่เหลือจะถูกสะสมไว้ในร่างกายที่ ตับ ไต และเลือด ดังนั้นจึงกำหนดให้ในน้ำดื่มควรพบตะกั่วได้ไม่เกิน 0.05 mg/l

10. ซีลีเนียม (Selenium) ในแหล่งน้ำธรรมชาติสามารถพบซีลีเนียมได้ในพื้นที่บางแห่งและอาจพบในการเน่าเปื่อยสารอินทรีย์ของพืช และการทิ้งน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม ถึงอย่างไรซีลีเนียมก็เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นอย่างหนึ่ง แต่หากได้รับเข้าสู่ร่างกายมากเกินไปอาจเป็นสาเหตุของโรคมะเร็ง ดังนั้นจึงกำหนดให้น้ำเพื่อการบริโภคจะมีซีลีเนียมได้ไม่เกิน 0.01 mg/l

11. สังกะสี (Zinc) สังกะสีเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกายมนุษย์ โดยทั่วไปสังกะสีสามารถปนเปื้อนในน้ำประปาได้โดยการสึกกร่อนของเหล็กอาบสังกะสี และจากการทิ้งของเสียในระบบอุตสาหกรรม ตามมาตรฐานจะกำหนดให้น้ำเพื่อการบริโภคจะมีสังกะสีไม่เกิน 5.0 mg/l นับว่าเป็นโลหะที่สามารถมีในน้ำได้ปริมาณมากที่สุด

การเก็บตัวอย่างและการตรวจวิเคราะห์ วิธีที่นิยมหาปริมาณโลหะจะใช้วิธี อะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตเมตรี ( Atomic absorption spectrophotometry) ตัวอย่างสามารถเก็บได้นาน 6 เดือน โดยมี  $\text{pH} < 2$  ยกเว้นโครเมียม +6 ต้องวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง และปรอทเก็บได้นานเพียง 28 วัน

2.4.14 คุณภาพน้ำทางจุลชีววิทยา โรคระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ ที่สำคัญมักเกิดจากเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรค ซึ่งปนเปื้อนอยู่ในอาหารและน้ำ โดยการแพร่กระจายโรคมมาจากสาเหตุการขับถ่ายของคนและสัตว์ แล้วปนเปื้อนมาในน้ำที่ใช้บริโภคโดยตรง เช่น ไทฟอยด์ ท้องร่วง อหิวาตกโรค การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางแบคทีเรียจึงใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นแสดงถึงการปนเปื้อนของแบคทีเรียในน้ำที่แสดงถึงความ

ปลอดภัยของน้ำใช้บริโภค ดังนั้นการตรวจวิเคราะห์น้ำจึงเป็นการตรวจหาจุลินทรีย์ก่อโรค แต่ในทางปฏิบัติ จะไม่ใช้การตรวจหาจุลินทรีย์ก่อโรค เนื่องจาก

1. จุลินทรีย์ก่อโรคเข้าสู่แหล่งน้ำเป็นครั้งคราวและมีอายุสั้น ดังนั้นจึงอาจตรวจไม่พบในตัวอย่างน้ำที่นำมาตรวจ
2. ถ้ามีเชื้ออยู่น้อยจะตรวจไม่พบโดยวิธีต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ
3. การตรวจสอบต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง ซึ่งถ้ามีเชื้ออยู่จริงน้ำนั้นอาจถูกนำมาใช้และเกิดการแพร่ระบาดของโรคไปแล้ว

การตรวจสอบคุณภาพของน้ำทางจุลชีววิทยาจะกำหนดปริมาณของแบคทีเรียที่ยอมให้มีได้ในน้ำดื่ม คือ ประมาณ 1-10 ตัวต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร โดยจะนิยมตรวจหาจุลินทรีย์ที่สำคัญ 2 กลุ่ม ได้แก่

1. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย
2. ฟีคัล โคลิฟอร์มแบคทีเรีย

โคลิฟอร์มแบคทีเรีย หมายถึง กลุ่มแบคทีเรียพวก Aerobic และ Facultative Anaerobic Bacteria ย้อมติดสีแกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ มีรูปร่างเป็นแท่ง สามารถหมักย่อยน้ำตาลแลคโทสที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 24-48 ชั่วโมง ซึ่งได้ผลเป็นก๊าซและสารละลายกรด แบคทีเรียกลุ่มนี้พบทั่วไปในน้ำ ดิน อากาศ โดยเฉพาะในลำไส้ของคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

ฟีคัล โคลิฟอร์มแบคทีเรีย เป็น โคลิฟอร์มแบคทีเรียที่มีแหล่งกำเนิดจากอุจจาระของคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สามารถหมักย่อยน้ำตาลแลคโทสที่อุณหภูมิ  $44.5 \pm 0.2$  องศาเซลเซียส ในเวลา 24 ชั่วโมง

## 2.5 การปรับปรุงคุณภาพ (Water Treatment)

การปรับปรุงคุณภาพน้ำมีความจำเป็นอย่างมากเพื่อให้ได้น้ำที่เหมาะสมแก่การบริโภค น้ำที่บริโภคได้จะต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานตามที่กำหนด ทั้งนี้วิธีการหรือขั้นตอนที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นขึ้นกับสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. คุณภาพน้ำที่ใช้เป็นวัตถุดิบ
2. ปริมาณน้ำที่จะผลิตต่อวัน
3. ต้นทุนในการดำเนินการ
4. ความรู้ความเข้าใจของผู้ปฏิบัติ

### 2.5.1 องค์ประกอบในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

1. มีขั้นตอนการกำจัดสิ่งเจือปนทางกายภาพ เคมี และทางจุลินทรีย์ครบ

2. มีสถานที่ดำเนินการเป็นไปตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิตน้ำบริโภคตลอดจนมีการบำรุงรักษา การทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ปรับคุณภาพน้ำที่เหมาะสมและเพียงพอ

### 2.5.2 ขั้นตอนการปรับคุณภาพน้ำส่วนใหญ่จะประกอบด้วย

1. การเติมอากาศ (Aeration)
2. การตกตะกอนด้วยสารเคมี (Coagulation)
3. การตกตะกอนด้วยวิธีธรรมชาติ (Sedimentation)
4. การกรอง (Filtration)
5. การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (Disinfection)

**การเติมอากาศ (Aeration)** คือกระบวนการที่ทำให้น้ำสัมผัสกับอากาศเพื่อลดความเข้มข้นของสารบางชนิดที่ระเหยได้ และก๊าซที่อยู่ในน้ำ อีกทั้งยังสามารถเปลี่ยนคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมีได้บางส่วนและยังเพิ่มก๊าซบางอย่างเช่น ออกซิเจนลงในน้ำที่มี เหล็ก แมงกานีส และ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งจะก่อให้เกิดออกซิเดชันของสารเหล่านี้

วิธีการของ Aeration มีอยู่หลายอย่าง คือ

1. การทำให้น้ำเป็นแผ่นฟิล์ม โดยทำให้น้ำตกจากที่สูง
2. การทำเป็นเครื่องกรีดขวาง โดยใช้ถาดหรือชั้นให้น้ำไหลผ่าน
3. การพ่นน้ำให้สัมผัสกับอากาศ หรือพ่นเข้าไปในน้ำ
4. การทำ aeration หลายชนิดร่วมกัน

**การตกตะกอนด้วยสารเคมี (Coagulation)** คือการเติมสารเคมีบางชนิดลงในน้ำเพื่อให้สารที่มีอนุภาคเล็กๆที่ไม่สามารถตกตะกอนได้รวมตัวกันเป็นอนุภาคใหญ่ๆ และมีน้ำหนัก เรียกว่า floc และสามารถกำจัดออกโดยการ Sedimentation หรือ filtration หรือทั้ง 2 วิธีรวมกัน

สารเคมีที่ใช้ (Coagulants) ขึ้นกับคุณภาพของน้ำ บางครั้งอาจใช้สารเคมีมากกว่า 2 ชนิดขึ้นไปเพื่อช่วยตกตะกอน ที่นิยมใช้

1. Aluminium Sulfate หรือ Alum อาจอยู่ในรูปของของแข็งหรือสารละลายก็ได้ เป็นสารเคมีที่นิยมใช้ในการตกตะกอนมาก ความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมในการตกตะกอนมี pH 5-7
2. Sodium aluminate เป็นสารประกอบที่มี alkalinity มากกว่า acidity ใช้กรณีที่ต้องการให้น้ำมี alkalinity เพิ่มขึ้น

3. Iron salts เช่น Ferric Sulfate, Ferric Chloride หรือ Ferrous sulfate ซึ่งใช้ได้ผลดีเมื่อน้ำมีฤทธิ์เป็นกรดมาก
4. Coagulant acid สารเหล่านี้อยู่ในรูปของกรดหรือด่างก็ได้ ส่วนใหญ่ใช้ปรับความขุ่น และ pH เพื่อให้ Coagulation เกิดดีขึ้น ได้แก่ Lime, Sodium carbonate, หรือ Sodium hydroxide หรือ Caustic soda หรือ Lye และ Sulfuric acid

### การปรับความเป็นกรด-ด่างของน้ำ

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำเป็นค่าที่บอกระดับปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในน้ำหรือความสามารถของกรดหรือด่างที่มีปฏิกิริยากับน้ำ แล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออนได้มากน้อยเท่าไร

#### ความเป็นกรดของน้ำมีสาเหตุจาก

1. ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ในกระบวนการธรรมชาติในรูปของกรดคาร์บอนิก ซึ่งไม่ทำให้ pH ของน้ำต่ำกว่า 4.5
2. กรดแร่จะทำให้ pH ของน้ำต่ำกว่า 4.5

#### ความเป็นด่างของน้ำจะเกิดจาก

1. สารประกอบไฮดรอกไซด์ คาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต
2. ภาชนะบรรจุน้ำที่ทำจากปูน

น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติจะพบว่ามี pH อยู่ระหว่าง 6.5-8.5 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานของน้ำบริโภคที่ใช้กันทั่วไป กรณีที่พบค่า pH ไม่ได้มาตรฐานจะมีหลักการปรับ pH น้ำดังนี้

1. การเพิ่มพีเอชของน้ำ กรณีที่น้ำมีสภาพเป็นกรดคือพีเอชต่ำกว่า 6.5 การเพิ่มระดับพีเอชทำได้โดยใช้โซดาไฟ (NaOH) ปูนขาว ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), โซดาแอช ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), โซเดียมไบคาร์บอเนต ( $\text{NaHCO}_3$ ), แคลเซียมคาร์บอเนต ( $\text{Ca}_2\text{CO}_3$ ) และแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{NH}_4\text{OH}$ )

1. การใช้ปูนขาว สิ่งที่มีความระวัง คือการตกผลึกของหินปูนและปูนขาวที่ใช้ไม่หมดในระบบเนื่องจากปูนขาวละลายน้ำได้น้อยมาก การใช้ปูนขาวปรับพีเอชจึงควรมีถังตกตะกอนรวมอยู่ด้วย

2. การใช้หินปูน เป็นสารที่เพิ่มพีเอชให้กับน้ำได้ดี สามารถควบคุมระดับพีเอชได้ง่ายกว่าการใช้ปูนขาว

2. การลดระดับพีเอชของน้ำ กรณีที่สภาพน้ำเป็นด่างค่าพีเอชจะมากกว่า 8.5 การลดระดับพีเอชอาจทำได้โดย

1. การใช้กรด ได้แก่ กรดกำมะถัน หรือ กรดเกลือ

2. การใช้ก๊าซจากเตาเผาไหม้ ทั้งนี้ก๊าซที่ได้จะมีปริมาณ  $\text{CO}_2$  สูงโดยให้มีเวลาสัมผัสนานพอ ก๊าซ  $\text{CO}_2$  จะละลายน้ำกลายเป็นกรดคาร์บอนิกซึ่งสามารถลดระดับพีเอชได้

#### 2.5.2.2.3 การลดปริมาณสารเคมีบางชนิดในน้ำ

สารเคมีที่พบในน้ำมีอยู่หลายชนิด ที่พบมากและเป็นปัญหาในการปรับคุณภาพน้ำได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ความกระด้าง

เหล็กจะพบในน้ำบ่อมากกว่าน้ำผิวดินในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำเหล็กมีสภาพเป็นสารละลาย ไม่มีสี แต่เมื่อสัมผัสอากาศ เหล็กจะถูก ออกซิไดส์ เปลี่ยนสภาพไม่ละลายกลายเป็นตะกอนสีเหลืองหรือแดง

##### 1. การลดปริมาณเหล็ก มีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

ทำให้เหล็กเปลี่ยนสภาพเป็นตะกอน โดยใช้ปูนขาว (Lime) หรือ alkali อื่นๆซึ่งจะรวมตัวกับ  $\text{CO}_2$  ทำให้เกิดตะกอนของ Ferrous hydroxide และ Ferrous Carbonate วิธีนี้จะใช้ได้ผลเมื่อใส่ปูนขาวลงในน้ำที่สูบน้ำออกจากบ่อทิ้งให้มีระยะเวลาสัมผัสอยู่ระยะหนึ่ง

โดยการทำ aeration และตามด้วย sedimentation และ flocculation หรือ filtration อย่างใดอย่างหนึ่งมีวิธีการต่างๆดังนี้

Aeration ให้ออกซิเจนในอากาศทำการออกซิไดส์เหล็กในรูป Ferrous ให้เป็นรูป Ferric

เติม Higher oxides ของแมงกานีส สามารถออกซิไดส์เหล็กในน้ำให้แตกตัวออกมา โดยการนำน้ำที่มีเหล็กผ่านชั้นทราย Anthrafil Pyroloaite ตะกอนของเหล็กออกไซด์จะค้างอยู่กับชั้นทรายกรอง สารกรองนี้ หากเสื่อมคุณภาพลงควรเติมต่างทับทมลงไปเพื่อสามารถใช้ประโยชน์ได้อีก

วิธีอื่นๆ เช่น Base Exchange Zeolite โดยให้น้ำผ่านชั้น Zeolite เหล็กจะถูกกำจัดออกไป Zeolite เมื่อเสื่อมคุณภาพให้ทำการ regenerate ด้วยน้ำเกลือแล้วล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง

##### 2. การลดปริมาณความกระด้าง มี 2 แบบ

ทำปฏิกิริยากับสารเคมี (Chemical Precipitation)

โดยการเติมปูนขาว (Lime,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) ลงในน้ำกระด้าง ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับน้ำกระด้างชั่วคราว ส่วนน้ำกระด้างถาวร จะใช้ปูนขาวและเถ้าโซดา (Soda ash,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

2.2 โดยวิธี Ion Exchange เป็นวิธีที่ตีแต่มีค่าใช้จ่ายสูง จากตัว exchange media การเปลี่ยนคุณภาพของ exchange media ทำให้กลับคืนใช้การได้อีก โดยการเติมน้ำเกลือที่เข้มข้นลงไป โดย exchange media ที่ใช้ในวิธีการนี้คือ Zeolite หรือ Greensand ซึ่งพบตามธรรมชาติ ปัจจุบันได้มีการสังเคราะห์ขึ้นมาเรียกว่า Synthetic Zeolite หรือ Synthetic Gels

### 2.5.2.3 การตกตะกอนโดยวิธีธรรมชาติ (Sedimentation)

การตกตะกอน คือการลดสารพวก settleable materials ในน้ำให้ตกลงสู่ก้นถังโดยแรงโน้มถ่วงของโลก ถังตกตะกอนมีหลายอย่าง เช่น Sedimentation Tank or Basin, Settling Tank, or Clarifier

2.5.2.4 การกรอง (Filtration) การกรองน้ำเป็นวิธีการที่สำคัญอย่างหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพและทางจุลินทรีย์ โดยสามารถเลือกใช้สารกรองลอนุปรกรณ์ที่กรองแบบต่างๆ กัน

1. สารกรองกรวดทราย นิยมใช้กรองน้ำประปาหรือน้ำบาดาลเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนทางกายภาพ เช่น ผงตะกอนและสารแขวนลอยพวกคอลลอยด์ ก่อนนำน้ำเข้ากระบวนการกรองอื่นๆ โดยการจัดให้น้ำไหลผ่านถังกรองทรายที่มีชั้นของกรวดทรายเรียงตามขนาดที่พอเหมาะภายในถัง

การบำรุงรักษา ใช้น้ำสะอาดโดยวิธี "Back wash" ใช้แรงดันน้ำที่สะอาดฉีดอัดเข้าทางด้านล่างของถังกรองจากล่างขึ้นบนถึงทราย แรงดันน้ำจะทำให้สารกรองเสียดสีกัน โดยมีน้ำเป็นดั่งกลางซึ่งทำให้สิ่งสกปรกที่ติดอยู่ในสารกรองหลุดออกมากับน้ำ

2 สารกรองผงถ่าน คล้ายถ่านบดละเอียดสีดำ ภายในมีรูพรุนคดเคี้ยวไปมาทำให้มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมีค่าสูง มีคุณสมบัติในการดูดกลืน สี กลอรีน แก๊ส และสิ่งเจือปนประเภทอินทรีย์ สารละลาย ที่อยู่ในน้ำ อาจใช้ร่วมกับทราย เรซิน แอนทราไซด์ เมงกานีสแซน

#### 3. ใยกรอง

ใยกรองเซรามิก ทำจากเซรามิกที่มีรูพรุนละเอียดถึง 0.2-3 ไมครอน มีประสิทธิภาพในการกรองสิ่งเจือปนที่มีขนาดเล็กมากได้ดี อาจกรองพวกอามิบา หรือยีสต์บางชนิดได้

ใยกรองใยสังเคราะห์ ทำจากสาร โพลีเอสเตอร์ มีคุณสมบัติในการกรองสารเจือปนต่างๆ ออกจากน้ำมีรูพรุนใหญ่กว่าชนิดแรก

การบำรุงรักษา ใช้น้ำสะอาดล้างทำความสะอาดสิ่งเจือปนที่ติดอยู่ซึ่งควรล้างบ่อยๆ โดยสังเกตจากความดันของน้ำที่ดันเข้าระบบ

#### 4. สารกรองแอนทราไซด์และเมงกานีส

เมงกานีส ใช้กำจัดสนิมน้ำ ธาตุเหล็ก ตะกั่ว กำมะถัน สังกะสี

แอนทราไซด์ ใช้กำจัดสนิมเหล็ก ตะกอน ความขุ่นได้ดี

#### การบำรุงรักษา

- เมงกานีส ใช้สารละลาย ค่างทับทิม หรือ โปดัสเซียมเปอร์มังกาเนตปริมาณการใช้ควรใช้สารนี้ 1 ml ต่อสารกรอง 50 ลิตร

- แอนทราไซด์ ใช้ล้างโดยวิธี "Back Wash"

5. สารกรองเรซิน เป็นสารสังเคราะห์มีลักษณะเป็นเม็ดกลมๆ เล็กขนาด 0.25 mm-2 mm โดยขนาดที่มีประสิทธิภาพอยู่ที่ 0.4-0.5 mm สามารถใช้กรองน้ำดิบที่มีความกระด้างให้เป็นน้ำอ่อนได้ โดยกำจัดแคลเซียมและแมกนีเซียมใช้วิธีแลกเปลี่ยนไอออน และยังสามารถกำจัดเหล็กและเมงกานีส

เรซิน มี 2 ชนิด คือ

1. เรซินที่มีการแลกเปลี่ยนอนุบลวค
2. เรซินที่มีการแลกเปลี่ยนอนุสลบ

#### การทำความสะอาด มี 2 ขั้นตอน

1. โดยใช้แรงน้ำทวนกลับ เพื่อล้างสิ่งสกปรกที่ผิวเรซิน โดยใช้ความเร็วน้ำประมาณ 10-12 ลบ.ม / ชม. ล้างจนน้ำล้างไม่มีความขุ่น
2. เมื่อทดสอบแล้วพบว่าน้ำที่ผ่านการกรองเรซินมีความกระด้างเหลืออยู่ แสดงว่าเรซินหมดประสิทธิภาพในการกรอง ต้องทำการเพิ่มประสิทธิภาพเรซินโดย

เรซินที่มีการแลกเปลี่ยนประจุบวก ใช้เกลือแกง หรือ กรดเกลือ ผ่านสารละลายลงในชั้นของเรซิน โดยจะใช้น้ำเกลืออิ่มตัว แช่ไว้ตามเวลา และความเร็วในการชะสารละลาย ให้เป็นตามที่ บริษัทผู้ผลิตกำหนด จากนั้นตามด้วยการล้างด้วยน้ำสะอาด

เรซินที่มีการแลกเปลี่ยนประจุลบ ใช้ด่าง (NaOH) ที่เข้มข้นผ่านลงในชั้นของเรซิน แช่ไว้ตามเวลา และความเร็วในการชะสารละลาย ให้เป็นตามที่ บริษัทผู้ผลิตกำหนด จากนั้นตามด้วยการล้างด้วยน้ำสะอาด

กระบวนการดึงความกระด้างออกจากน้ำโดยวิธีนี้ จะเรียกว่า “Softener”

#### **การฆ่าเชื้อ (Disinfection)**

การฆ่าเชื้อโรคในน้ำมีวิธีการหลายอย่าง เช่น การใช้ความร้อน การกรองโดยใช้ไส้กรองที่มีความจำเพาะ การใช้แสง Ultraviolet และการใช้สารเคมีเช่น คลอรีน และ โอโซน

##### **1. ไส้กรองแบคทีเรีย (Bacteria Filter)**

เป็นไส้กรองเรซินที่ผสมด้วยธาตุเงินซึ่งมีคุณสมบัติฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งมีขนาดรูกรองขนาดเล็กมาก บางชนิดมีรูกรองไม่ถึง 1 ไมครอน จึงเป็นคุณสมบัติที่ดีที่จะกรองจุลินทรีย์ขนาดใหญ่ ควรใช้น้ำผ่านไส้กรองนี้ในขั้นตอนก่อนการบรรจุ

##### **2. การใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy Application)**

เป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นเพื่อการประหยัดพลังงาน ในการเพิ่มความร้อนแก่น้ำในระดับที่จะทำลายเชื้อแบคทีเรียจำพวก โคลิฟอร์ม และ อี.โคไล ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำสะอาด อาจใช้ร่วมกับการใช้ คลอรีน แสงอุลตราไวโอเลต หรือไส้กรองแบคทีเรีย

##### **3. แสงอุลตราไวโอเลต (Ultraviolet)**

หลอดแก้วใสแท่งยาว สามารถให้ลำแสงช่วงความยาวคลื่นที่ทำลายจุลินทรีย์ได้ ที่ 257 nm โดยลำแสงในขนาดความเข้มที่พอเหมาะจะตกกระทบบนจุลินทรีย์โดยตรง ในช่วงเวลาสัมผัสที่พอเหมาะจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเซลล์จุลินทรีย์

การใช้ควรทำการอุ่นหลอดก่อนฆ่าเชื้ออย่างน้อย 2 นาที และตรวจสอบใส่หลอดอยู่เสมอ ควรทำความสะอาดผิวหลอดตามวิธีที่กำหนด การใช้หลอด UV. ฆ่าเชื้อให้ได้ผล จะต้องให้ความเข้มของแสงไม่ต่ำกว่า 35,000 ไมโครวัตต์/ซม.<sup>2</sup> ในอัตราความเร็วของน้ำที่ไหลผ่าน 50 แกลลอน / นาที

#### 4. การใช้สารเคมีบางชนิด

คลอรีน นอกจากจะมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคแล้ว ยังเป็นสารช่วยเร่งปฏิกิริยาในการตกตะกอนของสารเคมีในน้ำด้วย

- สารประกอบที่ให้คลอรีน เช่นสารประกอบพวกไฮโปคลอไรท์ และคลอรามีน- ที มีลักษณะเป็นของแข็ง คือนำมาละลายน้ำกรองก่อนจึงนำไปใช้ได้
- คลอรีนเหลว ปกติคลอรีนจะเป็นกาซสีเหลืองแกมเขียวภายใต้ความดันจะเปลี่ยนสภาพให้เป็นของเหลว

ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ของคลอรีนขึ้นกับ

1. ชนิดและคุณภาพของน้ำที่จะนำมาฆ่าเชื้อ ถ้ามีจำนวนแบคทีเรียสูงก็ต้องใช้คลอรีนมาก
2. เวลาและปริมาณคลอรีนที่คงเหลือ (Residual Chlorine) ที่จะสัมผัสกับน้ำ ประสิทธิภาพของ Free Chlorine residual ที่ดีที่สุดเมื่อมีปริมาณในน้ำ 0.2- 0.5 ppm โดยให้เวลาสัมผัสไม่ต่ำกว่า 30 นาที
3. ความเป็นกรด เป็นด่างของน้ำ ช่วงที่มีผลในการฆ่าเชื้อ pH ต้องไม่เกิน 7
4. อุณหภูมิของน้ำ ที่ 35- 40° F คลอรีนอิสระจะมีประสิทธิภาพครึ่งหนึ่งของอุณหภูมิ 70- 75 °F
5. จำนวนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ในน้ำ ถ้ามี CO<sub>2</sub> มากต้องเพิ่มปริมาณของคลอรีนที่ใช้ให้มากขึ้น

#### จำนวนคลอรีนที่ต้องการเติมในน้ำ (Quantity of Chlorine Required)

ปริมาณคลอรีน (Chlorine Demand) จะแตกต่างกันขึ้นกับจำนวนคลอรีนที่เติมลงไปและจำนวนคลอรีนที่เหลืออยู่หลังจากระยะเวลาที่ทำปฏิกิริยาแล้ว จำนวนคลอรีนจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อมีพวกอินทรีย์สาร เหล็ก แมงกานีส ไนเตรทหรือไฮโดรเจนซัลไฟด์ สารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับคลอรีนเร็วมาก ดังนั้นการวัดคลอรีนตกค้าง จึงเป็นเครื่องชี้บอกให้ทราบถึงจำนวนคลอรีนที่ต้องการเติมในน้ำ

สำหรับน้ำที่มีคุณภาพเดียวกับน้ำประปา ปริมาณคลอรีนที่ใช้

1. คลอรีน 1.0 กรัมต่อน้ำ 1 ลบ.เมตร สำหรับฆ่าเชื้อหรือ
2. คลอรีน 1.2 กรัมต่อน้ำ 1 ลบ.เมตร สำหรับฆ่าเชื้อที่จะให้มีผลต่อการตกตะกอนสารแขวนลอยและอื่นๆ ในน้ำ

#### ปัญหาในการใช้คลอรีน

1. กลิ่นคลอรีน แก้ไขโดยทิ้งไว้ 1-2 คืน หรือใช้ถังกรองคาร์บอน (ผงถ่าน) ดูดกลิ่นที่ตกค้างออก
2. การเกิดสนิมเหล็ก คลอรีนจะไปเร่งปฏิกิริยาของการเกิดการตกตะกอนของเหล็กในน้ำที่ใช้คลอรีนฆ่าเชื้อ แก้ไขได้โดยให้คลอรีนทำปฏิกิริยากับเหล็กในน้ำให้สมบูรณ์โดยจัดให้น้ำตกผ่านชั้นไม้ที่ทำ

เป็นลำดับเป็นขั้นๆ เพื่อเร่งให้เกิดปฏิกิริยานี้ ซึ่งจะช่วยให้สนิมเหล็กแยกตัวจากน้ำแล้วกำจัดสนิมเหล็ก โดยทิ้งให้ตกตะกอนหรือใช้ถังกรองทรายอีกครั้งก่อนนำส่วนน้ำใสไปสู่ขั้นตอนต่อไป

#### 4.2 โอโซน กลไกการฆ่าเชื้อของโอโซนเกิดจากการสลายตัวของโอโซนหนึ่ง

โมเลกุล เป็นหนึ่งโมเลกุลของออกซิเจน และ Nescent Oxygen จากนั้นสารนี้จึงจะทำปฏิกิริยากับเซลล์ของแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์อื่นๆ เกิดการแตกสลายของเซลล์ ปฏิกิริยาการฆ่าเชื้อของโอโซนจะเกิดขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโอโซนถึงระดับหนึ่งเท่านั้น ในการฆ่าเชื้อชนิดอื่นๆ ในน้ำ โอโซนจะมีประสิทธิภาพดีกว่าคลอรีนมาก โดยประสิทธิภาพโอโซนจะไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงตามระดับความเป็นกรดเบส และยังสามารถใช้กำจัดดีและกลิ่นในน้ำได้ดี