

## บทที่ 10

## การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็ง (Solids)

โดย ไพฑูริย์ หมายมั่นสมสุข

นักวิทยาศาสตร์ 8ว กรมโรงงานอุตสาหกรรม

## 10.1. บทนำ

ของแข็ง(Solids) หมายถึง สาร(matter)ที่อยู่ในน้ำหรือน้ำเสียทั้งที่ละลายในน้ำได้(Dissolved solids) หรือที่เป็นสารแขวนลอย(Suspended solids) ของแข็งจะมีผลต่อคุณสมบัติของน้ำทั้งทางด้านนิเวศวิทยา และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งอาจจะมีผลกระทบทางด้านสรีระวิทยาต่อสิ่งมีชีวิต เช่น พืช สัตว์และมนุษย์ด้วย โดย อาจจะทำให้เกิดปฏิกิริยาในทางสรีระที่ร่างกายไม่ต้องการเมื่อบริโภคเข้าไปก็ได้ ดังนั้นเพื่อควบคุมคุณภาพ น้ำจึงต้องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำแต่ละประเภทไว้ซึ่งน้ำแต่ละประเภทจะต้องมีปริมาณของแข็งไม่เกิน ค่ามาตรฐานที่หนดไว้ พอสรุปได้ดังนี้

ประเภท	ปริมาณของแข็ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	ของแข็งทั้งหมด	สารที่ละลายได้	สารแขวนลอย	หมายเหตุ
1. น้ำดื่ม <sup>1</sup>	1000	-	-	
2. น้ำดื่มในภาชนะที่ปิดสนิท <sup>2</sup>	500	-	-	
3. น้ำบาดาลที่ใช้บริโภค <sup>3</sup>	750	-	-	1500 <sup>n</sup>
4. แหล่งน้ำเพื่อการประปา <sup>4</sup>	-	1500	-	
5. น้ำทิ้งลงบ่อบาดาล <sup>5</sup>	2000	-	-	
6. น้ำทิ้งระบายออกนอกโรงงาน <sup>6</sup>	-	2000	30 - 150 <sup>m</sup>	5000 <sup>n</sup>
7. น้ำทิ้งจากอาคาร <sup>7</sup>	-	500 <sup>g</sup>	30 - 60 <sup>h</sup>	0.5 <sup>h</sup>

<sup>n</sup> เกณฑ์อนุโลมสูงสุดของของแข็งทั้งหมด<sup>m</sup> ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้งและแหล่งรองรับน้ำทิ้ง<sup>h</sup> เกณฑ์อนุโลมสูงสุดของสารที่ละลายได้ทั้งหมด<sup>g</sup> เป็นค่าที่เพิ่มขึ้นจากสารละลายในน้ำใช้ปกติ<sup>g</sup> ขึ้นกับประเภทและขนาดของอาคาร<sup>h</sup> ปริมาณตะกอนหนัก<sup>1</sup>มาตรฐานคุณภาพน้ำขององค์การอนามัยโลก (WHO) พ.ศ. 2527<sup>2</sup>ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 52 ตอนที่ 157 (ฉบับพิเศษ) ลงวันที่ 24 กันยายน 2524<sup>3</sup>ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2521) ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 55 ตอนที่ 66 (ฉบับพิเศษ) ลงวันที่ 27 มิถุนายน 2521<sup>4</sup>WHO Recommended standard for water sources<sup>5</sup>ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2521) ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 55 ตอนที่ 66 (ฉบับพิเศษ) ลงวันที่ 27 มิถุนายน 2521<sup>6</sup>ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2525) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 99 ตอนที่ 33 (ฉบับพิเศษ) ลงวันที่ 5 มีนาคม 2525<sup>7</sup>ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 99 (ฉบับประกาศทั่วไป) ลงวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2537

## 10.2 คำนิยาม

- 1 ของแข็งทั้งหมด(Total Solids) หมายถึง สารที่เหลืออยู่ในภาชนะหลังจากระเหยน้ำออกจากตัวอย่างน้ำแล้วนำไปอบแห้งในตู้ควบคุมที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ สารแขวนลอย (Suspended solids) และสารที่ละลายได้ (Dissolved solids)
  - 1.1 สารแขวนลอย (Suspended solids) หมายถึง ส่วนของของแข็งที่เหลือค้าง (nonfiltrable residue)บนกระดาษกรองใยแก้วมาตรฐานหลังจากการกรองตัวอย่างและนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส
  - 1.2 สารที่ละลายได้ (Dissolved solids) หมายถึง ส่วนของของแข็งที่กรองผ่าน(filtrable residue)กระดาษกรองใยแก้วมาตรฐานและยังคงเหลืออยู่หลังจากระเหยไอน้ำแล้วอบแห้งที่ อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส
- 2 สารระเหยง่าย (Volatile solids) หมายถึง ส่วนของของแข็งที่ระเหยได้เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิที่กำหนดให้ (โดยปกติจะใช้อุณหภูมิที่ 550 องศาเซลเซียส) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์ การหาปริมาณสารระเหยง่ายจะมีประโยชน์ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียเพราะเราสามารถประมาณปริมาณสารอินทรีย์ที่มีในน้ำเสีย และ Activated sludge ได้
- 3 สารคงตัว (Fixed solids) คือ ส่วนของของแข็งที่เหลืออยู่เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิที่กำหนดให้ (โดยปกติจะใช้อุณหภูมิที่ 550 องศาเซลเซียส) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสารอนินทรีย์
- 4 ตะกอนหนัก (Settleable solids) หมายถึง ของแข็งที่จมตัวลงสู่ก้นภาชนะที่กำหนดให้เมื่อตั้งทิ้งไว้ในที่สงบภายในเวลาที่กำหนด (โดยปกติจะใช้เวลา 1 ชั่วโมง) โดยจะสามารถหาในเชิงปริมาตรหรือน้ำหนักก็ได้

## 10.3 ความสำคัญในการวิเคราะห์

ของแข็งทั้งหมดเป็นปริมาณของสารทุกชนิดที่มีอยู่ในน้ำ(ยกเว้นน้ำ) ดังนั้นของแข็งทั้งหมดจะประกอบด้วยทั้งสารอินทรีย์ (Organic matter) และสารอนินทรีย์ (Inorganic matter) มากมายหลายชนิด การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งในน้ำทั้งจากอาคารและโรงงานอุตสาหกรรมนับว่ามีความสำคัญมาก โดยเฉพาะการวิเคราะห์ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

- 1) การหาปริมาณของแข็งทั้งหมด มีความสำคัญสำหรับการใช้น้ำในระบบอุตสาหกรรม โดยเป็นข้อมูลในการกำจัดความกระด้างของน้ำและในการควบคุมการกัดกร่อน โดยการควบคุมค่าพีเอช(pH value)ของน้ำให้คงที่ซึ่งค่าพีเอชนี้จะมีผลจากปริมาณของแข็งทั้งหมด(Total solids) สภาพความเป็นด่าง(Alkalinity) และอุณหภูมิ(temperature)
- 2) การวิเคราะห์หาปริมาณตะกอนหนัก (Settleable solids) มีประโยชน์ในการพิจารณาความต้องการในการใช้หน่วยตกตะกอน (Sedimentation units) และเป็นข้อมูลที่แสดงถึงลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียที่จะระบายลงสู่แหล่งรองรับน้ำทิ้ง

- 3) การวิเคราะห์หาปริมาณสารแขวนลอย (Suspended solids and volatile suspended solids) เป็นข้อมูลและเป็นประโยชน์ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพดี

#### 10.4 การเก็บตัวอย่าง (Sampling and Storage)

ใช้ขวดเก็บตัวอย่างน้ำที่ทำด้วยแก้วหรือพลาสติกก็ได้แต่ต้องแน่ใจว่าขวดเก็บตัวอย่างจะต้องสะอาดปราศจากสารปนเปื้อนและจะไม่มีสารทั้งที่เป็นสารแขวนลอยและสารที่ละลายได้ในตัวอย่างน้ำเกาะติดที่ผนังของขวดเก็บตัวอย่าง ควรทำการวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทันทีที่เก็บตัวอย่างเนื่องจากเป็นการยากที่จะเก็บรักษาตัวอย่างไว้โดยไม่เสื่อมหรือเปลี่ยนแปลงสภาพของของแข็ง แต่ถ้าไม่สามารถ วิเคราะห์ได้ด้วยเหตุใดก็ตามให้เก็บตัวอย่างไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อลดอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลชีพ

#### 10.5 ข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์ (Sources of Error)

เนื่องจากการวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งจะเกี่ยวข้องกับการแยกและการระเหยน้ำออกจากของแข็งหรือการทำให้แห้งโดยใช้ความร้อน ทำให้ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นได้ในทั้งสองขั้นตอน ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

##### ก) ข้อผิดพลาดจากการแยก (Separation Error)

ในการวิเคราะห์ปริมาณสารแขวนลอยและสารที่ละลายได้นั้นมีปัจจัยที่มีผลต่อการแยกระหว่างปริมาณสารแขวนลอยและสารที่ละลายได้ ดังนี้

- ก) ชนิดของสิ่งที่ใช้ในการกรอง (Filter)
- ข) ขนาดรูของ Filter (Pore size)
- ค) พื้นที่ที่ใช้ในการกรองของ Filter (Filtering Area)
- ง) ความหนาและคุณสมบัติทางกายภาพของ Filter (Thickness and physical nature)
- จ) ขนาดของอนุภาค (Particle size)
- ฉ) ปริมาณของสารที่ติดค้างอยู่บน Filter

สิ่งที่ใช้ในการกรอง(Filter)ที่ใช้กันมากและเป็นมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณสารแขวนลอยและสารที่ละลายได้ คือ กระดาษกรองใยแก้วมาตรฐาน(Standard glass fiber filter) เช่น กระดาษกรองใยแก้ว "Whatman" GF/C เป็นต้น

##### ข) ข้อผิดพลาดจากการทำให้แห้ง (Error from Drying Process)

ในการวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งในขั้นตอนที่สองจะเกี่ยวข้องกับการระเหยน้ำออกจากของแข็งหรือเป็นการทำให้ของแข็งแห้งโดยใช้ความร้อนเป็นหลัก ดังนั้นปัจจัยหลักที่อาจจะเกิดข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์จะเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งรวมทั้งเวลาที่ใช้ในการอบด้วย ทั้งนี้เนื่องจากอาจจะเกิดปรากฏการณ์ดังต่อไปนี้

- ก) การลดลงของน้ำหนักของแข็ง โดยอาจจะมีสาเหตุมาจาก
  - การระเหยของสารอินทรีย์

- การสูญเสียน้ำฝัก
  - การสูญเสียก๊าซที่เกิดจากการสลายตัวของคาร์บอนไดออกไซด์ของสารเนื่องจากความร้อน
- ข) การเพิ่มของน้ำหนักของแข็ง โดยอาจจะมีสาเหตุมาจาก
- การเกิดออกซิเดชันของสารเนื่องจากความร้อน
  - น้ำที่ถูกสารดูดเอาไว้

จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิและเวลาในการอบของแข็งจะเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในการวิเคราะห์ปริมาณของแข็ง จึงขอแยกพิจารณาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำให้แห้งต่อผลและความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น

#### 1. การอบของแข็งให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 -105 องศาเซลเซียส

- อาจจะมีน้ำฝักและน้ำที่ของแข็งดูดเอาไว้เหลืออยู่
- อาจเกิดการสูญเสียก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงจากสารประกอบไบคาร์บอเนต(Bicarbonate)เป็นสารประกอบคาร์บอเนต(Carbonate)
- อาจเกิดการระเหยของสารอินทรีย์เพียงเล็กน้อย
- การทำให้น้ำหนักคงที่อาจจะใช้เวลานาน

#### 2. การอบของแข็งให้แห้งที่อุณหภูมิ $180 \pm 2$ องศาเซลเซียส

- มีน้ำที่ของแข็งดูดเอาไว้เหลืออยู่น้อยมาก
- อาจจะมีน้ำฝักเหลืออยู่บ้างโดยเฉพาะถ้ามีสารประกอบซัลเฟตเป็นองค์ประกอบ
- อาจเกิดการสูญเสียก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเกิดมาจากการเปลี่ยนแปลงจากสารประกอบไบคาร์บอเนต(Bicarbonate)เป็นสารประกอบคาร์บอเนต(Carbonate)
- สารประกอบคาร์บอเนต(Carbonate)อาจจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบออกไซด์(Oxides)และ/หรือเกลือ (Basic salts)
- อาจเกิดการระเหยของสารอินทรีย์
- อาจเกิดการสูญหายของคลอไรด์และไนเตรตบ้าง

โดยทั่วไปจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบทั้งสองแบบ พบว่า การระเหยน้ำและการทำให้แห้งที่อุณหภูมิ  $180 \pm 2$  องศาเซลเซียส จะให้ผลในการวิเคราะห์สารที่ละลายได้มีค่าใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์หาค่าสารที่ละลายได้โดยวิธีการรวมเอาปริมาณของสารประกอบแต่ละชนิดที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างน้ำเข้าด้วยกัน มากกว่าการวิเคราะห์สารที่ละลายได้โดยการระเหยน้ำและการทำให้แห้งที่อุณหภูมิต่ำ

## 10.6 วิธีการวิเคราะห์ (Analytical Methods)

### 10.6.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids)

#### ก. หลักการวิเคราะห์

ของแข็งทั้งหมด หมายถึง ปริมาณสารที่เหลืออยู่ในภาชนะหลังจากการระเหยน้ำออกจากตัวอย่างน้ำทั้งหมด (Evaporation) วิธีการวิเคราะห์กระทำได้โดยการชั่งภาชนะที่ใช้ในการระเหยน้ำตัวอย่างก่อน {ชามระเหย(Evaporating dishes)} ตวงตัวอย่างน้ำใส่ลงในชามระเหย จากนั้นระเหยน้ำออกให้หมดแล้วทำให้แห้ง

โดยการอบที่อุณหภูมิ 103 -105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้ง แล้วชั่งหาน้ำหนักของซามระเหยอีกครั้ง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นคือปริมาณของแข็งทั้งหมดต่อปริมาตรตัวอย่างน้ำตัวอย่างที่ตรวจมา ระเหย หน่วยเป็นน้ำหนักต่อปริมาตร เช่น มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นต้นหรือน้ำหนักต่อน้ำหนัก เช่น ส่วนในล้านส่วน เป็นต้น

#### ข. การแทรกสอด

1. ในการวิเคราะห์ของแข็งทั้งหมดในตัวอย่างที่มีปริมาณความเข้มข้นของอิออนมาก เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม คลอไรด์และ/หรือ ซัลเฟต เป็นต้น อาจจะทำให้ของแข็งนี้ดูความชื้นได้ง่ายและอาจจะต้องปรับเปลี่ยนวิธีการ เช่น
  - ใช้เวลาในการอบให้แห้งมากขึ้น
  - ใช้วิธีการดูความชื้นหลังจากการอบให้แห้งแล้วที่เหมาะสม
  - อาจจะต้องชั่งของแข็งที่ได้อย่างรวดเร็วเพื่อลดการดูความชื้นจากภายนอก
2. ในกรณีที่มีของแข็งขนาดใหญ่แขวนลอยหรือจมอยู่ในน้ำตัวอย่างซึ่งเป็นของแข็งที่ทำให้ตัวอย่างน้ำไม่ผสมกันดีและคิดว่าไม่น่าจะนำมารวมเป็นค่าของแข็งทั้งหมดก็ควรจำกำจัดออกก่อนการวิเคราะห์ เช่น เศษไม้ เศษผ้า ก้อนหิน ถุงพลาสติกหรือเศษวัสดุอื่นใดในทำนองเดียวกันที่มีขนาดใหญ่ เป็นต้น
3. ในกรณีที่มีปริมาณน้ำมันและไขมันมากและลอยอยู่บนผิวน้ำตัวอย่างอย่างเห็นได้ชัด ควรจะให้น้ำมันและไขมันนั้นกระจายตัวจนทั่วทั้งตัวอย่างน้ำและทำการผสมตัวอย่างน้ำให้เข้ากันดีที่สุดก่อนการสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์
4. ในกรณีที่มีปริมาณของแข็งมากในซามระเหยอาจจะมีผลทำให้เกิดการกักตัวของน้ำไว้ในก้อนของของแข็งเป็นเหตุให้เกิดข้อผิดพลาดได้ จึงควรจำกัดปริมาณน้ำตัวอย่างที่ใช้ในการหาปริมาณของแข็งทั้งหมดให้มีของแข็งในซามระเหยไม่เกิน 200 มิลลิกรัม

#### ค. การดำเนินการวิเคราะห์

##### 1. การเตรียมซามระเหย

วิธีการเตรียมซามระเหยที่ใช้ขึ้นอยู่กับความต้องการในการวิเคราะห์ ดังนี้

- ถ้าต้องการหาปริมาณของแข็งทั้งหมดและปริมาณสารระเหยง่าย (Volatile solids) ให้เผาซามระเหยที่อุณหภูมิ  $550 \pm 50$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงในเตาเผา
  - ถ้าไม่ต้องการหาปริมาณสารระเหยง่าย (Volatile solids) ให้นำซามระเหยไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 - 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
2. ปล่อยให้เย็นลงในโถทำแห้งหรือเดสิคเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก และนำไปเก็บในเดสิคเคเตอร์จนกว่าจะใช้
  3. เลือกรูปแบบตัวอย่างน้ำที่เหมาะสมเพื่อให้มีปริมาณของแข็งในซามระเหยประมาณ 2.5 - 200 มิลลิกรัม (โดยปกติจะใช้ใช้ปริมาณน้ำตัวอย่างในระหว่าง 50 ถึง 100 มิลลิลิตร)

4. เทตัวอย่างน้ำลงในชามระเหยแล้วนำไปตั้งบนเครื่องอังไอน้ำ ปล่อยให้ให้น้ำระเหยจนแห้งแล้วนำชามระเหยนี้ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 - 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง
5. ปล่อยให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ และชั่งน้ำหนัก
6. นำชามระเหยไปอบแห้งที่ 103 - 105 องศาเซลเซียส ปล่อยให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ และชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ทำจนได้น้ำหนักที่คงที่หรือน้ำหนักที่ลดลงน้อยกว่า 4% หรือไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมของการชั่งครั้งที่แล้ว

ง. การคำนวณ

$$TS = \{(A - B) \times 1000\} / C$$

เมื่อ TS = ปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัม/ลิตร)

A = น้ำหนักของตัวอย่างและชามระเหย, มิลลิกรัม

B = น้ำหนักของชามระเหย, มิลลิกรัม

C = ปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ใช้, มิลลิลิตร

10.6.2 สารแขวนลอย (Suspended Solid; SS)

ก. หลักการการวิเคราะห์

สารแขวนลอย หมายถึง ปริมาณสารที่เหลือค้างอยู่บนกระดาษกรองหลังจากการกรองน้ำตัวอย่างผ่านกระดาษกรองใยแก้ว(Glass fiber filter)และทำการระเหยน้ำออกจากกระดาษกรองใยแก้วแล้ว (Evaporation) วิธีการวิเคราะห์กระทำได้โดยการชั่งกระดาษกรองใยแก้วที่อบให้แห้งก่อน แล้วตวงตัวอย่างน้ำในปริมาณที่เหมาะสม กรองตัวอย่างน้ำผ่านกระดาษกรองใยแก้วจนหมด และทำให้กระดาษกรองใยแก้วที่มีของแข็งติดค้างอยู่ให้แห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 103 -105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้ง แล้วชั่งหาน้ำหนักของกระดาษกรองใยแก้วอีกครั้ง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นคือปริมาณสารแขวนลอยต่อปริมาตรตัวอย่างน้ำตัวอย่างที่ตวงมาระเหย หน่วยเป็นน้ำหนักต่อปริมาตร เช่น มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นต้นหรือน้ำหนักต่อน้ำหนัก เช่น ส่วนในล้านส่วน เป็นต้น

ข. การแทรกสอด

1. ในการวิเคราะห์สารแขวนลอยในตัวอย่างที่มีปริมาณสารที่ละลายได้มาก อาจจะทำให้มีปริมาณสารที่ละลายได้ติดอยู่กับตะกอนหรือสารแขวนลอยและ/หรือกระดาษกรองมากจะต้องทำการล้างสารที่ละลายได้ให้หมดก่อนนำไปอบแห้ง
2. ในกรณีที่มีของแข็งขนาดใหญ่แขวนลอยหรือจมอยู่ในน้ำตัวอย่างซึ่งเป็นของแข็งที่ทำให้ตัวอย่างน้ำไม่ผสมกันดีและคิดว่าไม่น่าจะนำมารวมเป็นค่าสารแขวนลอย ก็ควรจำกำจัดออกก่อนการวิเคราะห์ เช่น เศษไม้ เศษผ้า ก้อนหิน ฝูงพลาสติกหรือเศษวัสดุอื่นใดในทำนองเดียวกันที่มีขนาดใหญ่ เป็นต้น
3. การใช้เวลาในการกรองนานเกินไปซึ่งเกิดจากการอุดตันของกระดาษกรอง อาจจะทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ถูกจับติดบนกระดาษกรองมากทำให้ปริมาณสารแขวนลอยที่ได้จาก

การวิเคราะห์หีมีค่าไม่ถูกต้องโดยจะทำให้มีค่ามากกว่าความเป็นจริง จึงควรหลีกเลี่ยงให้มากที่สุด ถ้าพบว่ากระดาษกรองเกิดการอุดตันและกรองได้ช้ามากควรทำการวิเคราะห์ใหม่

4. ในกรณีที่มีปริมาณสารแขวนลอยบนกระดาษกรองมากอาจจะมีผลทำให้เกิดการกักตัวของน้ำไว้ภายในก้อนของของแข็งเป็นเหตุให้เกิดข้อผิดพลาดได้ จึงควรจำกัดปริมาณน้ำตัวอย่างที่ใช้ในการหาปริมาณของแข็งทั้งหมดให้มีปริมาณสารแขวนลอยบนกระดาษกรอง ไม่เกิน 200 มิลลิกรัม

#### ค. การดำเนินการวิเคราะห์

1. ออบกระดาษกรองให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 - 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทั้งให้เย็นในเดสิคเคเตอร์แล้วชั่งน้ำหนัก
2. วางกระดาษกรองลงในกรวยบุคเนอร์ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดสูญญากาศ
3. ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียกแล้วเปิดเครื่องดูดสูญญากาศเพื่อให้กระดาษกรองติดกับกรวยบุคเนอร์
4. กรองตัวอย่างน้ำที่ผสมเข้ากันดีแล้ว 50-100 มิลลิลิตร โดยใช้เครื่องดูดอากาศ แล้วล้างเครื่องกรองด้วยน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร เปิดเครื่องทิ้งไว้ 3 นาที
5. เมื่อแห้งแล้วนำกระดาษกรองออกมาวางในภาชนะเดิม (อาจใช้ถ้วยระเหยหรือกระดาษอลูมิเนียมก็ได้) แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง ทั้งให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ และชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่
6. ของแข็งที่กรองได้นี้สามารถนำไปวิเคราะห์หา Volatile และ Fixed solids ที่ 550 องศาเซลเซียส โดยให้เผาซามระเหยที่อุณหภูมิ  $550 \pm 50$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงในเตาเผา ทำให้เย็นและชั่งน้ำหนักซามระเหยไว้ จากนั้นนำกระดาษกรองที่ได้มาใส่ในซามระเหย นำไปเผาที่ ที่อุณหภูมิ  $550 \pm 50$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ในเตาเผา ปล่อยให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ และชั่งน้ำหนัก

#### ง. การคำนวณ

$$SS = (A - B) \times 1000 / C$$

เมื่อ SS = ปริมาณสารแขวนลอย (มิลลิกรัม/ลิตร)

A = น้ำหนักกระดาษกรองและสารแขวนลอย, มิลลิกรัม

B = น้ำหนักของกระดาษกรอง, มิลลิกรัม

C = ปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ใช้, มิลลิลิตร

### 10.6.3 สารที่ละลายได้ (Total Dissolved Solids)

#### ก. หลักการการวิเคราะห์

สารแขวนลอย หมายถึง ปริมาณสารที่เหลืออยู่ในสารละลายหลังจากการกรองน้ำตัวอย่างผ่านกระดาษกรองใยแก้ว(Glass fiber filter) วิธีการวิเคราะห์กระทำได้โดยการชั่งภาชนะที่ใช้ในการระเหยน้ำ

ตัวอย่างก่อน {ซามระเหย(Evaporating dishes)} เทตัวอย่างน้ำในปริมาณที่เหมาะสมแล้วกรองตัวอย่างน้ำผ่านกระดาษกรองใยแก้วจนหมด จากนั้นเปิดสารละลายที่ได้จำนวนที่เหมาะสมใส่ลงในซามระเหย นำไประเหยน้ำออกให้หมดแล้วทำให้แห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 103 -105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้ง แล้วชั่งน้ำหนักของซามระเหยอีกครั้ง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นคือปริมาณของสารที่ละลายได้ต่อปริมาตรตัวอย่างน้ำตัวอย่างที่ดวงมาระเหย หน่วยเป็นน้ำหนักต่อปริมาตร เช่น มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นต้น หรือน้ำหนักต่อน้ำหนัก เช่น ส่วนในล้านส่วน เป็นต้น

#### ข. การแทรกสอด

1. ในการวิเคราะห์สารที่ละลายได้ในตัวอย่างที่มีปริมาณความเข้มข้นของอิออนมาก เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม คลอไรด์และ/หรือ ซัลเฟต เป็นต้น อาจจะทำให้ของแข็งนี้ดูดความชื้นได้ง่ายและอาจจะต้องปรับเปลี่ยนวิธีการ เช่น
  - ใช้เวลาในการอบให้แห้งมากขึ้น
  - ใช้วิธีการดูดความชื้นหลังจากการอบให้แห้งแล้วที่เหมาะสม
  - อาจจะต้องชั่งของแข็งที่ได้อย่างรวดเร็วเพื่อลดการดูดความชื้นจากภายนอก
2. ในกรณีที่มีปริมาณน้ำมันและไขมันมากและลอยอยู่บนผิวน้ำตัวอย่างอย่างเห็นได้ชัด ควรจะให้น้ำมันและไขมันนั้นกระจายตัวจนทั่วทั้งตัวอย่างน้ำและทำการผสมตัวอย่างน้ำให้เข้ากันดีที่สุดก่อนการสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์
3. ในกรณีที่มีปริมาณของแข็งมากในซามระเหยอาจจะมีผลทำให้เกิดการกักตัวของน้ำไว้ภายในก้อนของของแข็งเป็นเหตุให้เกิดข้อผิดพลาดได้ จึงควรจำกัดปริมาณน้ำตัวอย่างที่ใช้ในการหาปริมาณของแข็งทั้งหมดให้มีของแข็งในซามระเหยไม่เกิน 200 มิลลิกรัม

#### ค. การดำเนินการวิเคราะห์

1. กรองสารแขวนลอยทั้งหมดออก หรืออาจใช้น้ำส่วนที่ได้จากการกรองที่เหลือจากการหาสารแขวนลอยก็ได้
2. ตวงน้ำส่วนที่ได้จากการกรองนี้ 50-100 มิลลิลิตร ใส่ลงในซามระเหยที่ได้อบแห้งที่ 103-105 องศาเซลเซียส และชั่งน้ำหนักแล้ว
3. ถ้าคาดว่าตัวอย่างน้ำมีปริมาณสารที่ละลายได้ น้อยกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ใช้น้ำตัวอย่าง 250 มิลลิลิตร
4. นำไประเหยน้ำให้แห้งบนเครื่องอังไอน้ำ แล้วนำเข้าตู้อบ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง
5. ทำให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก

#### ง. การคำนวณ

$$DS = \{(A - B) \times 1000\} / C$$

เมื่อ DS = ปริมาณสารที่ละลายได้ (มิลลิกรัม/ลิตร)

A = น้ำหนักของตัวอย่างและซามระเหยหลังการระเหย, มิลลิกรัม



B = น้ำหนักของซามระเหย, มิลลิกรัม

C = ปริมาณน้ำตัวอย่างที่ใช้, มิลลิลิตร

#### 10.6.4 ตะกอนหนัก (Settleable Solids)

##### ก. หลักการการวิเคราะห์

ตะกอนหนัก หมายถึงปริมาณตะกอนที่จมตัวลงได้ดีเมื่อตั้งทิ้งไว้ในภาชนะและในเวลาที่กำหนดให้วิธีการวิเคราะห์ทำได้โดยการเทตัวอย่างน้ำจำนวน 1 ลิตร ลงในกรวยอิมฮอฟฟ์ (Imhoff Cone) หรือกระบอกตวงก็ได้ แล้วตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง แล้วอ่านปริมาณของตะกอนที่ก้นของกรวยหรือกระบอกตวง หน่วยของปริมาณตะกอนหนักที่ใช้ เช่น มิลลิลิตรต่อลิตร หรือ มิลลิกรัมต่อลิตร

##### ข. การดำเนินการวิเคราะห์

###### 1. โดยปริมาตร

- คนตัวอย่างให้เข้ากันแล้วเทใส่กรวยอิมฮอฟฟ์จนถึงขีด 1000 มิลลิลิตร
- ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 45 นาที ใช้แท่งแก้วกวนข้างๆกรวย หรือหมุนเบาๆ
- ทิ้งให้ตกตะกอนต่ออีก 15 นาที
- จดปริมาตรของแข็งตกตะกอนในกรวยเป็นมิลลิลิตรต่อลิตร

###### 2. โดยน้ำหนัก

- หาค่าปริมาณสารแขวนลอย ตามวิธีที่กล่าวแล้ว
- ผสมตัวอย่างน้ำที่ผสมเข้ากันดี
- เทลงในโหลที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 9 เซนติเมตร
- ใช้ตัวอย่างน้ำอย่างน้อย 1 ลิตร เพื่อให้ได้ความสูงของน้ำอย่างน้อย 20 เซนติเมตร
- ถ้าใช้ภาชนะใหญ่กว่านี้ก็ต้องใช้น้ำตัวอย่างปริมาณมากขึ้นด้วย
- ตั้งทิ้งไว้ในที่สงบเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ดูดน้ำด้านบนมา 250 มิลลิลิตรจากจุดศูนย์กลางของภาชนะ แล้วนำไปวิเคราะห์ตามวิธีการหาสารแขวนลอย ซึ่งค่านี้เรียกว่า ปริมาณของแข็งไม่ตกตะกอน(Nonsettleable Solids)

##### ค. การคำนวณ

$$\text{Settleable Solid} = (\text{Suspended Solid}) - (\text{Nonsettleable Solid})$$

#### 10.6.5 สารระเหยง่ายและสารคงตัว (Total Volatile and Fixed Solids)

##### ก. หลักการการวิเคราะห์

สารระเหยง่าย (Volatile Solids) หมายถึง ปริมาณของแข็งที่กลายเป็นไอได้เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิ  $550 \pm 50$  องศาเซลเซียส ในระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งสารที่ระเหยไปส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์ ส่วนของแข็งที่เหลือจากการเผาก็คือสารคงตัว(Fixed Solids)นั่นเอง วิธีการวิเคราะห์ทำได้โดยการหาปริมาณของแข็งทั้งหมดแล้วนำของแข็งที่ได้มาเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ  $550 \pm 50$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วชั่งหาของแข็งส่วนที่เหลือก็จะสามารถหาปริมาณสารคงตัวได้ ส่วนของของแข็งที่หายไปคือสารที่ระเหยง่าย

ข. การดำเนินการวิเคราะห์

1. เฝ้าของแข็งที่ได้จากการหา Total solids ในเตาเผาอุณหภูมิ 550 ± 50 องศาเซลเซียส (ให้ อุณหภูมิของเตาเผาดังที่ต้องการก่อนจึงใส่ตัวอย่างเข้าไป) เป็นเวลา 15-20 นาที
2. ทิ้งให้ซามระเหยเย็นลงแล้วจึงเก็บในเดสิคเคเตอร์จนเย็นเท่าอุณหภูมิห้องแล้วจึงชั่งน้ำหนัก
3. น้ำหนักที่เหลืออยู่ คือ ปริมาณของแข็งคงตัวทั้งหมด และ น้ำหนักที่หายไปในการเผาเป็น ของแข็งระเหยทั้งหมด

ค. การคำนวณ

$$\text{mg/l volatile solids} = \frac{(A \times B) \times 1000}{\text{ml sample}}$$

$$\text{mg/l fixed solids} = \frac{(B \times C) \times 1000}{\text{ml sample}}$$

เมื่อ A = น้ำหนักของซามระเหยและของแข็งทั้งหมดก่อนเผา, มิลลิกรัม

B = น้ำหนักของซามระเหยและเถ้าหลังเผา, มิลลิกรัม

C = น้ำหนักของซามระเหย, มิลลิกรัม

10.6.6 Mixed Liquor Suspended Solids (MLSS)

ก. ลักษณะทั่วไป

Mixed Liquor Suspended Solids (MLSS) หมายถึง ปริมาณหรือความเข้มข้นโดยประมาณของจุลชีพในถังเติมอากาศในระบบ Activated sludge คิดเป็นปริมาณสารแขวนลอยหรือ Mixed liquor ซึ่งเป็นของผสมระหว่างน้ำทิ้งกับตะกอนจุลชีพในถังเติมอากาศ

การหาค่า MLSS มีประโยชน์ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียโดยจะใช้ในการคำนวณหาอัตราส่วนของอาหารต่อมวลของจุลชีพ (Food/Microorganism Ratio; F/M) ซึ่งคำนวณได้จาก  $F/M = \text{BOD Loading}/\text{MLSS}$  อัตราส่วน F/M นี้มีความสำคัญมากในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated Sludge เพราะจะเป็นปัจจัยที่ควบคุมและกำหนดองค์ประกอบที่สำคัญของระบบ คือ ขนาดของถังเติมอากาศ (Aeration tank) เวลาที่ใช้ในการเติมอากาศ (Aeration time) ปริมาณจุลชีพ (MLSS) และประสิทธิภาพของระบบ ตัวอย่างเช่น ในระบบบำบัดแบบ Activated Sludge ที่มีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีมากกว่า 90% จะมีอัตราส่วน F/M ไม่เกิน 0.4 และมี MLSS อยู่ในช่วงประมาณ 4000 - 5000 มิลลิกรัม/ลิตร

ข. การวิเคราะห์

ใช้วิธีการหาเช่นเดียวกับการหาสารแขวนลอย (Suspended Solids) โดยใช้ Mixed Liquor แทน ตัวอย่างน้ำทิ้ง

### 10.6.7 Settled Sludge Volume (SSV)

#### ก. หลักการ

การหาค่า Settled sludge volume (SSV) มีประโยชน์ในการติดตามการทำงานของระบบบำบัดทางชีววิทยา สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated sludge จะใช้ค่า settled sludge volume ที่เวลา 30 นาที หรือที่เรียกกันว่า SV 30 เพื่อนำไปหาค่า Sludge Volume Index (SVI)

#### ข. การดำเนินการวิเคราะห์

1. เติมตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร ลงในกระบอกตวงหรือกรวยอิมฮอฟฟ์
2. ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน ใช้แท่งแก้วกวนข้างๆของภาชนะ หรือหมุนภาชนะเป็นครั้งคราว
3. บันทึกปริมาตรตะกอนที่ช่วงเวลาต่างกัน เช่น 15, 30 และ 60 นาที โดยวัดในหน่วยมิลลิเมตร

#### ค. การคำนวณ

Settled Sludge Volume	Settled time (Min.)	Sludge Volume (SV) (cm <sup>3</sup> /dm <sup>3</sup> )
SV 15	15	
SV 30	30	
SV 60	60	

### 10.6.8 Sludge Volume Index (SVI)

#### ก. หลักการ

Sludge Volume Index (SVI) หมายถึง ปริมาตรสารแขวนลอยหนัก 1 กรัม ที่ตกตะกอนเมื่อตั้งทิ้งไว้ 30 นาทีที่มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อกรัม SVI ใช้ในการติดตามตรวจสอบลักษณะการตกตะกอนของ activated sludge และ biological suspension อื่นๆ

#### ข. การดำเนินการวิเคราะห์

1. หาค่า MLSS ของตัวอย่างที่ผสมให้เข้ากันดีแล้ว
2. หาค่า settled sludge volume ที่เวลา 30 นาที (SV 30)

#### ค. การคำนวณ

$$SVI = \{(SV\ 30) \times 1000\} / MLSS$$

เมื่อ SVI = Sludge Volume Index, cm<sup>3</sup>/g

SV 30 = Settled Sludge Volume at 30 min., cm<sup>3</sup>/dm<sup>3</sup>

MLSS = Mixed Liquor Suspended Solid, mg/dm<sup>3</sup>