

## เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงอุตสาหกรรม. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2525). , 2525.
- กรรณิการ์ สิริสิงห. เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 2. , 2525.
- โกมล ศิวะบวร, เชาวยุทธ พรพิมลเทพ และสุวิทย์ ชุมนุมศิริวัฒน์. การประปาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: หจก.ธนาคารพิมพ์ , 2534.
- ธงชัย พรรณสวัสดิ์. คู่มือวิเคราะห์น้ำทิ้ง. สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พิมพ์ครั้งที่ 1. , 2525.
- นฤมิต คินิมาณ. การทำตะกอนโลหะหนักจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียซีโอดีให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์ และถ้ำลอยลิกไนต์. ,วิทยานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.
- พวงรัตน์ แก้วล้อม. แนวทางการจัดการน้ำเสียซีโอดีในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.
- มันสิน ตันทูลเวศม์. การบำบัดน้ำเสียทางเคมี. เอกสารประกอบการอบรมผู้ควบคุมดูแลระบบ บำบัดน้ำเสีย. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2534.
- \_\_\_\_\_. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.
- เยาวนุช สุจริตธรรม. การตกตะกอนผลึกโครเมียมจากน้ำเสียฟอกหนังโดยการบำบัดด้วยด่าง. วิทยานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.
- ศศิธร เจริญวิเศษศิลป์. ภาวะเหมาะสมสำหรับการละลายผลึกโครเมียมเพื่อใช้ใหม่ในการฟอกโครม. วิทยานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.
- สำนักงานบริการและการกำจัดกากอุตสาหกรรม. เอกสารศูนย์บริการกำจัดกากอุตสาหกรรม แสมดำ บางขุนเทียน กรุงเทพฯ. กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2531.
- สาโรช บุญยกิจสมบัติ. การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางเคมีในโรงงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ขนาดกลางและเล็ก. วิทยานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.
- APHA, AWWA and WPCF. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater. 17th Edition. ,1989

- Aslam,S. and Walker O.L. Recycling of Mercury and Silver from COD Tests. **Water Pollution Control Federal**. 54(July 1982): 1148-1151.
- Asian Institute of Technology Environmental Engineering Program. **1<sup>st</sup> Seminar on Environmental Awareness Raising on the Handling and Treatment of Hazardous and Toxic Waste**. , (22-23 Sep)1994.
- Bhattacharyya ,D., Jumawan, A.B., Sun,G., Sund-hagelberg,C., and Schwitzgebel, K. **Precipitation of heavy Metal with Sodiumsulfide: Bench-scale and full-scale experimental result**. , 1981.
- Davis, M. and Sandy, T. **Treatment of Metal Plating and Finishing Waste**. USA: CHEM HILL, 1993.
- Ecklenfelder , W.W. Jr. **Industrial Water Pollution Control**. 2<sup>nd</sup> ed. USA: McGraw Hill Book, 1989.
- Eilbeck , W.J. and Mattock, G. **Chemical process in wastewater treatment**. USA: McGraw Hill Book, 1987.
- Fergusson, J.E. **The heavy elements: chemistry environmental impact and health effects**. Great Britain: pergamon press, 1991.
- Freeman, H.M. **Handbook of hazardous waste treatment and disposal**. USA: McGraw Hill Book, 1989.
- Fresenius, W. , Quentin, K.E. and Schneider, W. **Water analysis**. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1988.
- Jong-HoYoun. **Solidification of Laboratory Wastes by Using Ordinary PortlandCement and Lime-Rice Husk Ash Cement**. Thesis no. EV-90-27, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 1990.
- Katsura, T.Y. , Rojarayanont, T.S., Yoshida, T., and Abe, H. **Ferrite Process: Heavy Metal Ions Treatment System, Water Science Technology**. Vol23. Kyoto: 1833-1900, 1991.
- Kim, B.M. **Treatment of metal containing Wastewater with calcium sulfide**. USA: The American Institute of Chemical Engineers, 1989.
- Lanouete, K.H. **Industrial Wastewater and Solid Waste Engineering**. Chemical Engineering, 1997.
- Lowenheim, F.A. **Eletroplating**. USA: McGraw Hill, 1978.
- Neil,P.S. **Environmental Chemistry**. 2<sup>nd</sup> ed. UK: Chapman and Hall, 1993.

- Okazaki, H. **Practice of Hazardous Waste Treatment.** -Treatment and Disposal of Hazardous Waste from Industry: Some Experience, 1983: 99-131
- Santhanam, C.J. **Method for removal heavy metals from aqueous liquid.** US.Patent No. 4,278,539 (july 14), 1981.
- Sund, C. Physico-Chemical Proceeding Options **Hazardous Waste and Hazardous Materials.** Vol3: 183-194 p., 1986.
- Talbot, R.S. **Process for removal of heavy metals from aqueous solution.** US.Patent No. 4,432,880 (february 21), 1984.
- Wentz, C.A. **Hazardous Waste Management.** Singapore: Mc Graw Hill, 1989.

**ภาคผนวก ก**

- 1.หลักการในการวิเคราะห์ค่าซีไอดี**
- 2.หลักการในการวิเคราะห์ปริมาณซัลไฟด์**
- 3.การทดสอบจาร์เทสต์**



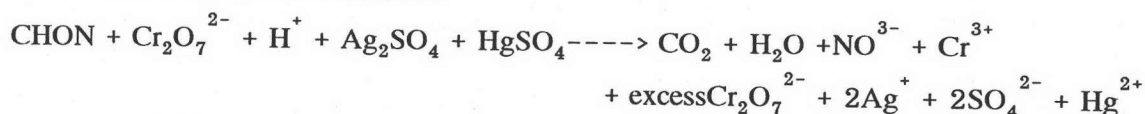
## หลักการในการวิเคราะห์ค่าซีโอดี (มันลิน, 2538)

ความสกปรกของน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือน รวมถึงโรงงานอุตสาหกรรมสามารถวัดได้จากปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการ เพื่อใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำเรียกวิธีการนี้ว่า COD (Chemical Oxygen Demand)

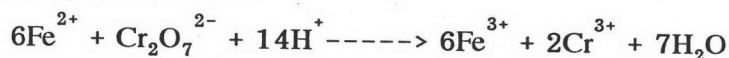
ในการหาค่าซีโอดีของน้ำสกปรก จะมีสารที่ใช้ในการเติมออกซิเจนอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น โปตัสเซียมเปอร์มันกาเนต เซริคัลเฟต โปตัสเซียมไอโอเดต และโปตัสเซียมไดโครเมต แต่ตัวที่นิยมใช้กันมาก เพราะให้ผลที่นำเชื่อถือ และแน่นอน คือ โปตัสเซียมไดโครเมต เหตุผลที่สำคัญ คือ มีราคาถูก สามารถออกซิไดซ์สารอินทรีย์ได้มากชนิด จนเกือบสมบูรณ์ได้คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ รวมทั้งสามารถวัดปริมาณของไดโครเมตที่มากเกินไปได้ง่าย

หลักการในการหาค่าซีโอดี โดยวิธีรีฟลักซ์ทั้งแบบเปิด และแบบปิด จะใช้สารออกซิไดซิงเอเจนท์ผสม กับกรดซัลฟูริกเข้มข้น และเติมซิลเวอร์ซัลเฟตลงไป เพื่อเป็นตัวเร่งให้สารถูกออกซิไดซ์ยากถูกออกซิไดซ์ได้เร็วขึ้น และใช้เมอคิวรีซัลเฟต เป็นตัวกำจัดกรดซัลฟิวริกของพวกคลอไรด์ จากนั้นเติมน้ำตัวอย่างนำไปรีฟลักซ์ เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง สารอินทรีย์จะถูกออกซิไดซ์โดยออกซิไดซิงเอเจนท์ และมีปริมาณออกซิไดซิงเอเจนท์เหลือจากการรีฟลักซ์ จะนำไปทำการติเตรทกับเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ทราบความเข้มข้น และปริมาณที่ใช้ ทำให้ทราบปริมาณของออกซิเจนจากสารออกซิไดซิงเอเจนท์ที่ใช้ สามารถสรุปการเกิดปฏิกิริยาได้ ดังสมการต่อไปนี้

สมการออกซิไดซ์สารอินทรีย์



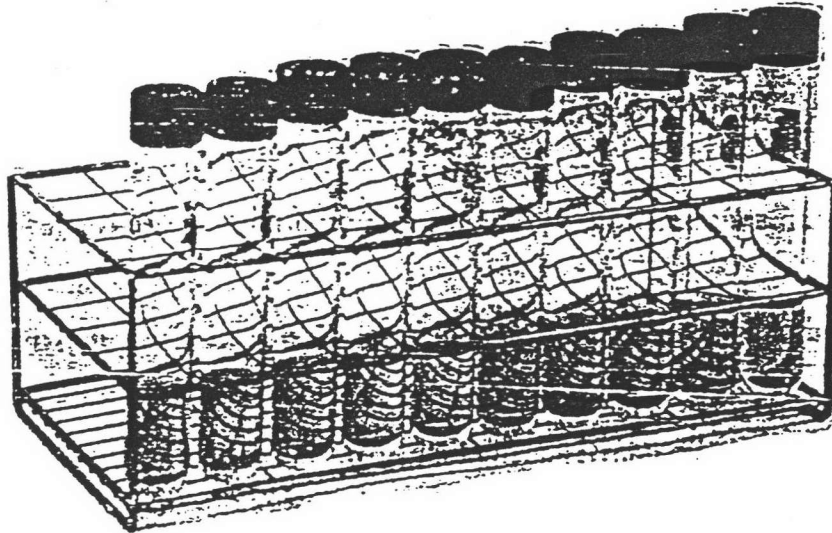
สมการในการติเตรท



## วิธีรีฟลักซ์แบบปิด (Close Reflux Method)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. หลอดย่อย (Digestion Vessels) เป็นหลอดแก้วบอโรซิลิเกต (Borosilicate) ซึ่งใช้เลี้ยงเชื้อ ขนาด 16×100 หรือ 20×150 หรือ 25×150 มม. มีฝาสลักเกลียวซึ่งทำด้วย TEE
2. บล็อก (Block) หรือที่ใส่หลอดแก้วแบบตัน ทำด้วยอลูมิเนียม ความลึกของช่องใส่หลอด ประมาณ 45-50 มม. การให้ความร้อน เพื่อต้มย่อยสลายกระทำโดยวางบล็อกบนเตาแผ่น
3. ตู้อบ (Oven) สามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ประมาณ 150± 2 องศาเซลเซียส
4. บิวเรต
5. ขวดรูปกรวยขนาด 125 มล.



รูปที่ 1 หลอดแก้วสำหรับย่อยซีโอดี ด้วยวิธีการรีฟลักซ์แบบปิด

#### สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต เข้มข้น 0.1 นอร์มัล

ละลายโปแตสเซียมไดโครเมต ซึ่งอบแห้งที่ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หนัก 4.913 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร และปรอทซัลเฟต 33.3 กรัม คนให้ละลายปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

2. กรดซัลฟูริกและซิลเวอร์ซัลเฟต

ชั่งซิลเวอร์ซัลเฟต ( $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ) 8.8 กรัม ใส่ลงในกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 ลิตร ตั้งทิ้งไว้ 1-2 วัน เพื่อให้ซิลเวอร์ซัลเฟตละลายได้ทั้งหมด ก่อนนำไปใช้ต่อไป

3. สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 นอร์มัล

ละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต ( $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) 19.6 กรัม ในน้ำกลั่น เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร แล้วเจือจางเป็น 1000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

4. สารละลายเฟอโรอินอินดิเคเตอร์

ละลาย 1,10-ฟีแนนโทรีนโมโนไฮเดรต ( $1,10\text{-Phenanthroline Monohydrate}$   $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 1.485 กรัม และเฟอร์รัสซัลเฟต (Ferrous Sulfate,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) 695 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 100 มิลลิลิตร

วิธีการตรวจสอบความเข้มข้นของสารละลาย FAS

ปิเปตสารละลายโปตัสเซียมไดโครเมต 0.1 นอร์มัล 5.0 มล. ใส่ขวดรูปกรวย เติมน้ำกลั่น 50 มล. แล้วจึงค่อยๆ เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 15 มล. ทิ้งให้เย็น เติมเฟอโรอิน 2-3 หยด ไตเตรท ด้วยสารละลายมาตรฐาน FAS จนได้สีน้ำตาลเป็นจุดยุติ

ความเข้มข้นของ FAS, นอร์มัล (N) =  $(5.0 \times 0.1) / \text{มล. FAS ที่ใช้}$

5. กรดซัลฟามิค (Sulfamic Acid)

ใช้สำหรับป้องกันการรบกวนของไนไตรต์ ( $\text{NO}^{-2}$ ) ปริมาณที่ใช้คือ 10 มิลลิกรัมต่อทุก ๆ 1 มิลลิกรัมของไนไตรต์

6. สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไฮโดรเจนฟทาเลต (Potassium Hydrogen Phthalate หรือ KHP)

บด KHP เพื่อลดขนาดลงและนำไปอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส จนแห้ง และมีน้ำหนักคงที่ แล้วละลาย KHP ที่บดและอบแห้งแล้ว 425 มิลลิกรัมในน้ำกลั่น เจือจางให้เป็น 1000 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีซีไอดีเท่ากับ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเก็บรักษาในตู้เย็นได้นานไม่เกิน 3 เดือน

7. สารละลายกลูโคส

ละลายกลูโคส 486.6 มิลลิกรัมในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้เป็น 1000 มิลลิลิตร สารละลายนี้จะมีค่าซีไอดีเท่ากับ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร (กลูโคส 1 กรัม จะให้ซีไอดี 1.067 กรัม) สารละลายกลูโคสจะไม่ค่อยคงตัว เพราะสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้อย่างรวดเร็ว

วิธีวิเคราะห์

1. เลือกขนาดของหลอดแก้ว สำหรับต้มซีไอดีให้เหมาะสม

ถ้าตัวอย่างน้ำมีซีไอดีต่ำให้เลือกใช้หลอดแก้วขนาด 25×150 มม. (ปริมาตรตัวอย่างน้ำ 10 มล.) ถ้าซีไอดีค่อนข้างสูงให้ใช้หลอดแก้วขนาด 20×150 มม. (ปริมาตรตัวอย่างน้ำ 5 มล.) และถ้าซีไอดีสูงสามารถใช้หลอดแก้วขนาด 16×100 มม. (ปริมาตรตัวอย่างน้ำ 2.5 มล.)

2. การเลือกปริมาตรตัวอย่างน้ำ

ถ้าเป็นน้ำสะอาด น้ำธรรมชาติ หรือน้ำที่มีค่าซีไอดีต่ำ (<40 มก./ล.) ควรใช้ตัวอย่างน้ำ 10 มล. โดยใช้หลอดแก้วขนาด 25×150 มม. แต่ถ้ามีค่าซีไอดีสูงกว่านั้นให้ใช้หลอดแก้วขนาด 20×150 มม. โดยเลือกใช้ปริมาณตัวอย่างน้ำมากที่สุด 5 มล. หรือใช้น้อยกว่า แล้วเติมน้ำกลั่นให้เป็น 5 มล. และถ้าตัวอย่างน้ำมีค่าซีไอดีสูงมากต้องเจือจางตัวอย่างน้ำก่อนนำมาใช้ ควรประมาณค่าซีไอดีของตัวอย่างน้ำอย่างคร่าว ๆ ก่อน เพื่อที่จะได้เลือกใช้ปริมาณตัวอย่างได้อย่างเหมาะสม การประมาณค่าซีไอดีสามารถทำได้ โดยพิจารณาจากลักษณะตัวอย่างน้ำ แหล่งที่มาของน้ำ ในทางปฏิบัติ ควรเลือกใช้ปริมาณตัวอย่างน้ำให้ผลต่างของ FAS ที่ใช้ในการติเตรทแบลนด์ และตัวอย่างน้ำอยู่ระหว่าง 1-5 มล.

3. ใส่ตัวอย่างลงในหลอดแก้วขนาดเหมาะสม เติมน้ำย่าย่อยสลาย หรือโปแตสเซียมไดโครเมต ตามด้วยกรดกำมะถันอย่างช้า ๆ ปิดฝาให้แน่นและเขย่าผสมกันให้ดี สำหรับแบลนด์ใช้น้ำกลั่นแล้วทำเหมือนตัวอย่างทุกอย่าง

4. วางหลอดแก้วในบล็อกแล้วใส่ตุ๊อบ ตั้งอุณหภูมิไว้ที่  $150 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

5. เมื่อครบ 2 ชั่วโมงแล้ว นำออกจากตุ๊อบปล่อยให้เย็น

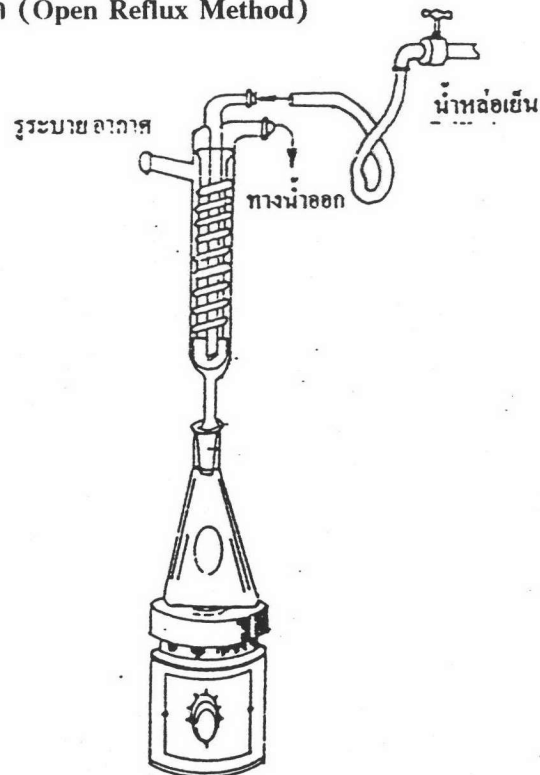
6. เติสารละลายออกจากหลอดแก้วลงในขวดรูปกรวย ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างสารละลายในหลอดแก้วให้หมดแล้วเทรวมลงในขวดรูปกรวย เติเมเฟอโรอินอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด แล้วไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานเอฟเอเอส สีของสารละลายจะค่อยๆ เปลี่ยนจากเหลือง-----> เขียวอมเหลือง-----> ฟ้า -----> น้ำตาลแดง ซึ่งแสดงว่าถึงจุดยุติ จดปริมาตรเอฟเอเอสที่ใช้ไตเตรท

การคำนวณ

$$\text{ซีโอดี, มิลลิกรัมต่อลิตร} = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{\text{มล. ของน้ำตัวอย่าง}}$$

เมื่อ A = มล. ของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรทแบลงค์  
 B = มล. ของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรทน้ำตัวอย่าง  
 N = ความเข้มข้นของ FAS, นอร์มัล

วิธีรีฟลักซ์แบบเปิด (Open Reflux Method)



รูปที่ 2 ชุดกลั่นหาซีโอดีด้วยวิธีการรีฟลักซ์แบบเปิด

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ขวดเออร์เลนเมเยอร์ หรือขวดกลมแบบก้นแบนขนาดความจุ 250-500 มล. ปากขวดเป็นแบบ Ground-Glass Joint ขนาด 24/40 (ใช้เป็นขวดรีฟลักซ์)

2. เครื่องควบแน่นหรือคอนเดนเซอร์ซึ่งมี Jacket ขนาด 300 มม. และต่อได้พอดีกับขวดเออร์เลนเมเยอร์
3. เต้าแผ่น (Hot plate) ซึ่งสามารถให้ความร้อนได้อย่างน้อย 1.4 วัตต์/ตร.ซม. ที่ผิวหน้าเต้า
4. บิวเรต ขนาด 50 มล.

#### สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต เข้มข้น 0.25 นอร์มัล

ละลายโปแตสเซียมไดโครเมต ซึ่งอบแห้งที่ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงหนัก 12.259 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเติมกรดซัลฟามิก 120 มก. ละลายให้เข้ากัน เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ในขวดตวง

2. กรดซัลฟูริกและซิลเวอร์ซัลเฟต

ซึ่งซิลเวอร์ซัลเฟต ( $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ) 8.8 กรัม ใส่ลงในกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 ลิตร ตั้งทิ้งไว้ 1-2 วัน เพื่อให้ซิลเวอร์ซัลเฟตละลายได้ทั้งหมด ก่อนนำไปใช้ต่อไป

3. สารละลายเฟอโรอินอินดิเคเตอร์ (Ferroun Indicator Solution)

ละลาย 1,10-ฟีแนนโทรีนโมโนไฮเดรต (1,10-Phenanthroline Monohydrate  $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 1.485 กรัม และเฟอรัสซัลเฟต (Ferrous Sulfate,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) 695 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 100 มิลลิลิตร

4. สารละลายมาตรฐานเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Standard FAS) 0.5 นอร์มัล

ละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ( $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) 19.6 กรัม ในน้ำกลั่นเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร แล้วเจือจางเป็น 1000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น เนื่องจากความเข้มข้นของเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตไม่คงที่และจะลดลงเรื่อยๆ ดังนั้นต้องหาความเข้มข้นที่แน่นอนทุกวันที่ใช้ โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต ดังนี้เปิดสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต 5.0 มล. ใส่ในขวดรูปกรวยเติมน้ำกลั่น 50 มล. แล้วค่อยๆเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 15 มล. ทิ้งให้เย็น ไตเตรตด้วยเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตโดยใช้เฟอโรอินอินดิเคเตอร์ จุดยุติเป็นสีน้ำตาลแดง จดปริมาตร FAS ที่ใช้

$$\text{ความเข้มข้นของ FAS, นอร์มัล (N)} = \frac{0.5 \times 0.25}{\text{มล. FAS ที่ใช้}}$$

5. เมอร์คิวริก ซัลเฟต (Mercuric sulfate,  $\text{HgSO}_4$ )

### วิธีวิเคราะห์

- 1.เติมตัวอย่างน้ำที่จะวิเคราะห์ 10 มล. หรือใช้ตัวอย่างน้ำน้อยกว่า แต่เติมน้ำกลั่นให้เป็น 10 มล. ลงในขวดรีฟลักซ์ เติมเมอร์คิวริกซ์เฟต 0.2 กรัม ใส่ลูกแก้วขนาดจิว 5-6 เม็ด แล้วจึงสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต 5.0 มล. เขย่าให้เข้ากัน
- 2.นำขวดรีฟลักซ์ในข้อ 1 ไปต่อกับเครื่องรีฟลักซ์ เปิดน้ำหล่อเย็น เติมกรดซัลฟูริก-ซิลเวอร์ซัลเฟต 15 มล. ลงที่ปากคอนเดนเซอร์ ซึ่งกรดซัลเฟตจะไหลลงไปยังขวดรีฟลักซ์เอง เปิดไฟแล้วรีฟลักซ์เป็นเวลา 2 ชม. เมื่อครบ 2 ชม. นำขวดรีฟลักซ์ออก และทำให้เย็น
- 3.ทำแบลนด์พร้อมกับตัวอย่างน้ำ โดยใช้ น้ำกลั่น 10 มล. ใช้สารเคมีต่างๆ เหมือนกับตัวอย่างน้ำ ทำการรีฟลักซ์เช่นเดียวกับตัวอย่างน้ำทุกประการ
- 4.เมื่อรีฟลักซ์ครบ 2 ชม.แล้วปิดไฟ ทิ้งให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่นลงที่ปากเครื่องรีฟลักซ์ 40 มล. เพื่อล้างไอสารภายในคอนเดนเซอร์ แล้วจึงปิดน้ำหล่อเย็น
- 5.นำขวดรีฟลักซ์มาไตเตรทหาปริมาณโปแตสเซียมไดโครเมตที่เหลือ ด้วยสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต โดยใช้เฟอร์โรอินประมาณ 2-3 หยดเป็นอินดิเคเตอร์ ควรใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์เท่าๆกันในทุกตัวอย่าง จุดยุติจะมีการเปลี่ยนแปลงจากเหลืองเป็นฟ้าอมเขียวและเป็นสีน้ำตาล จดปริมาตร FAS ที่ใช้ไตเตรท

### การคำนวณ

$$\text{ซีไอดี, มิลลิกรัม O}_2\text{/ลิตร} = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{\text{มล.ตัวอย่างที่ใช้}}$$

- เมื่อ
- A = มล.ของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรทแบลนด์
  - B = มล.ของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรทน้ำตัวอย่าง
  - N = ความเข้มข้นของ FAS, นอร์มัล

### การวิเคราะห์ปริมาณซัลไฟด์

จากการทดลองตกตะกอนด้วยโซเดียมซัลไฟด์และโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ ในกรณีที่เติมสารเคมีทั้งสองในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้ไอออนของซัลไฟด์ที่ทำปฏิกิริยาได้ไม่หมดเหลือในน้ำที่จะปล่อยออก แต่ตามมาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมมีประกาศกระทรวงฉบับที่ 12 ว่าให้ปล่อยน้ำที่มีไอออนของซัลไฟด์ได้ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นในการวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณซัลไฟด์ทั้งหมดที่เหลืออยู่ในน้ำด้วยวิธีไอโอโดเมตริก

### วิธีวิเคราะห์ซีลไฟด์แบบไอโอดิเดตริก

เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1.ขวดบีไอดี
- 2.บีเรตขนาด 50 มล.
- 3.ขวดรูปกรวย
- 4.กระดาษกรอง GF/C ขนาด 7 ซม.
- 5.กรวยบุคเนอร์ เส้นผ่านศูนย์กลาง 7 ซม.
- 6.เครื่องดูดสุญญากาศ

สารเคมี

- 1.กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 6 นอร์มัล
- 2.สารละลายมาตรฐานไอโอดีน เข้มข้น 0.025 นอร์มัล  
ละลายโปตัสเซียมไอโอดัดจำนวน 20-25 กรัม ในน้ำเล็กน้อย และเติมไอโอดีน 3.2 กรัม  
เขย่าให้ละลายแล้วเติมน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร เทียบมาตรฐาน กับสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต  
0.025 นอร์มัล ใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์
- 3.สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล  
เตรียมโดยเจือจางสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล จำนวน 250 มล. ด้วยน้ำกลั่นให้  
เป็น 1 ลิตร เก็บรักษาโดยการเติมคลอโรฟอร์ม 5 มล. หรือใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.4 กรัม  
ต่อสารละลาย 1 ลิตร สารละลายนี้ต้องนำมาหาความเข้มข้นที่แน่นอน(Standardization) ด้วย  
สารละลายมาตรฐานไดโครเมต
- 4.น้ำแป้ง  
ละลายแป้งมันสำปะหลัง 5 กรัม ในน้ำต้ม 800 มล. เติมน้ำให้ได้ 1 ลิตร ต้มให้เดือด 2-3 นาที  
ตั้งค้ำคืนใช้แต่น้ำใส เติมกรดซาลิไซลิก(Salicylic Acid) 1.25 กรัมต่อน้ำแป้ง 1 ลิตร
- 5.สารละลายสังกะสีอะเซเตต 2 นอร์มัล  
ละลายสังกะสีอะเซเตต ( $Zn(C_2H_3O_2)_2 \cdot 2H_2O$ ) 220 กรัม ในน้ำกลั่น 870 มล. แล้วเติมน้ำ  
กลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร
- 6.สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 นอร์มัล

วิธีวิเคราะห์

- 1.หยดสารละลายสังกะสีอะเซเตต 0.45 มล. ลงในขวดบีไอดีขนาด 300 มล. เติมตัวอย่างน้ำ  
จำนวน 300 มล. หรือน้อยกว่า แล้วเติมน้ำกลั่นจนเป็น 300 มล. แล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์  
6 นอร์มัล 0.3 มล. ขณะนี้ขวดบีไอดีจะเต็มพอดี และปิดจุก โดยไม่ให้มีช่องว่างของอากาศอยู่

ภายในขวดเขย่าขวดไปมาอย่างแรง จนกระทั่งเกิดการตกผลึกของสังกะสีซัลไฟด์(ZnS) ภายในขวด ตั้งทิ้งไว้นาน 30 นาที เพื่อให้ผลึกเกิดการตกตะกอน

2.รินน้ำใส่ทิ้ง และกรองผลึกผ่านกระดาษกรอง GF/C เก็บกระดาษกรองที่มีผลึกตะกอนไว้วิเคราะห์ต่อไป

3.ใส่กระดาษกรองที่มีผลึกของสังกะสีซัลไฟด์ ในขวดรูปกรวยและเติมน้ำกลั่น 100 มล.

4.เติมกรดไฮโดรคลอริก 6 นอร์มัลจำนวน 2 มล. แล้วเติมสารละลายไอโอดีน 10 มล. เขย่าให้เข้ากัน ในขณะนี้อาจมีน้ำควรมีสีเหลืองของไอโอดีน แต่ถ้าไม่มีสีเหลืองเกิดขึ้นให้เติมสารละลายไอโอดีนอีก 5 มล. เพื่อให้มีสีเกิดขึ้น ถ้ายังไม่มีสีให้เติมสารละลายไอโอดีนจนกระทั่งมีสีเกิดขึ้นและจดปริมาณสารละลายไอโอดีนที่เติมทั้งหมด (สารละลายไอโอดีน 1 มล.เท่ากับซัลไฟด์ 0.04มก.)

5.นำสารละลายในขวดรูปกรวยมาไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล โดยใช้น้ำแบ่งเป็นอินดิเคเตอร์จนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป(จดปริมาตรที่ใช้ไตเตรท)

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณซัลไฟด์ทั้งหมด, มก. S}^{2-} / \text{ล} = \frac{[(A \times B) - (C \times D)] \times 16000}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง (มล.)}}$$

โดยที่ A = ปริมาณ (มล.) ของสารละลายไอโอดีนที่ใช้

B = ความเข้มข้น (N) ของสารละลายไอโอดีน

C = ปริมาณ (มล.) ของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต

D = ความเข้มข้น (N) ของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต



### การทดสอบจาร์เทสต์ (Jar Test) (โกมล เขาวุฑฒ และสุวิทย์, 2534)

เป็นวิธีทดสอบหาปริมาณของสารสร้างตะกอน เพื่อให้ได้ปริมาณที่เหมาะสม และประหยัดที่สุดสำหรับคุณภาพน้ำนั้น ๆ ในการลดความขุ่น

#### วิธีทำจาร์เทสต์

ในการทดลองต้องอาศัยเครื่องมือสำหรับกวนน้ำซึ่งประกอบด้วยใบพัด ซึ่งจะหมุนเป็นอิสระ มีปุ่มสำหรับปรับความเร็วของใบพัดให้มีความเร็ว 0 ถึง 120 รอบต่อนาทีได้วิธีการมีดังนี้คือ

1. นำบีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร เติมน้ำดิบที่จะทำการทดสอบหาปริมาณสารสร้างตะกอน จำนวนบีกเกอร์ละ 2 ลิตร วางไว้ใต้ใบพัดปั่น

2. ใช้ปิเปตดูดสารสร้างตะกอนที่ทดสอบเติมลงในบีกเกอร์แต่ละใบ ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ

3. หย่อนใบพัดลงในบีกเกอร์ แล้วสตาร์ทเครื่องปั่นโดยใช้ความเร็วเริ่มต้น 80-100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที

4. ลดความเร็วรอบของใบพัดให้เป็น 30-40 รอบต่อนาที และปั่นต่อเป็นเวลา 15 นาที

5. สังเกตและบันทึกเวลาที่เริ่มเห็นตะกอนรวมตัวเป็นครั้งแรก

6. บันทึกสภาพของตะกอนที่เกิดว่าจับตัวกันดีแค่ไหน โดยไม่ฟุ้งกระจายตามแรงกวนของใบพัด

7. เมื่อครบ 15 นาที หยุดเครื่องแล้วยกใบพัดขึ้น ปล่อยให้ตะกอนตกลงกันบีกเกอร์

8. บันทึกระยะเวลาที่ตะกอนตกลงสู่ก้นบีกเกอร์

9. ปล่อยให้ตะกอนตกลงเป็นเวลา 20 นาที แล้วนำน้ำส่วนใสข้างบน (supernatant) ของบีกเกอร์แต่ละใบไปทำการตรวจวิเคราะห์ค่าความขุ่นที่เหลือ , ตรวจพีเอช และตรวจสีของน้ำ

10. บีกเกอร์ใบที่ให้ผลการทดลองที่ดีที่สุดคือใบที่บอกให้ทราบว่าบีกเกอร์ของสารสร้างตะกอนนั้นดีที่สุด และผลที่ได้คือ ปริมาณสารสร้างตะกอนที่จะเติมลงในถังกวนเร็วของขบวนการผลิตจริง

ภาคผนวก ข

ตารางผลการทดลอง

ตารางที่ 1. ผลการตกตะกอนผลึกโลหะด้วยโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นค่าต่าง ๆ

ปริมาณNaCl ปริมาณเทียบกับทฤษฎี (เท่า)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัด							
	Hg		Ag		Cr		Fe	
	(มก.)	(%)	(มก.)	(%)	(มก.)	(%)	(มก.)	(%)
0.1	0.004	100	147.1	91.96	112.5	62.69	129.8	57.75
0.5	0.004	100	53.40	97.08	161.7	46.37	81.90	73.34
1.0	0.005	100	35.40	98.07	138.9	53.93	90.60	70.51
2.0	0.006	100	3.60	99.80	146.4	51.44	87.30	71.58
3.0	0.006	100	0.30	99.98	114.3	62.09	80.70	73.73
4.0	0.006	100	0.30	99.98	126.9	57.91	82.80	73.05

ตารางที่ 2. ผลการทดลองการตกตะกอนโลหะ (ก) เงิน (ข) โครเมียม (ค) เหล็ก ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์หลังตกตะกอนด้วยโซเดียมคลอไรด์แล้ว

พีเอช	ปริมาณเงินที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วยNaClความเข้มข้นต่าง ๆ							
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า	
	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)
5	105	94.26	0.68	99.96	0.57	99.97	0.44	99.98
6	146.6	91.99	0.93	99.95	0.59	99.97	0.43	99.98
7	123.2	93.27	0.73	99.96	0.78	99.96	0.43	99.98
8	26.88	98.53	0.93	99.95	-	-	-	-
9	0.80	99.96	0.52	99.97	-	-	-	-

ตารางที่ 2. (ต่อ)

พีเอช	ปริมาณโครเมียมที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วยNaClความเข้มข้นต่างๆ							
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า	
	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)
5	5.56	98.16	4.54	98.49	1.19	99.61	1.07	99.65
6	7.02	97.67	1.66	99.45	1.06	99.65	1.12	99.63
7	14.01	95.35	2.32	99.23	1.18	99.61	1.10	99.64
8	58.15	80.71	5.19	98.28	-	-	-	-
9	70.51	76.61	35.90	88.09	-	-	-	-

พีเอช	ปริมาณเหล็กที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วยNaClความเข้มข้นต่างๆ							
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า	
	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)
5	1.35	99.56	1.03	99.66	1.79	99.42	1.88	99.39
6	1.03	99.66	1.02	99.66	1.79	99.42	1.87	99.39
7	1.05	99.66	0.93	99.70	1.78	99.42	1.82	98.41
8	0.97	99.68	0.98	99.68	-	-	-	-
9	0.93	99.70	1.04	99.66	-	-	-	-

ตารางที่ 3. ผลการทดลองการปรับพีเอชตั้งแต่ 5-9 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

พีเอช	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัด							
	Hg		Ag		Cr		Fe	
	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)
5	0.004	100	167.16	90.87	2.45	99.19	3.10	98.99
6	0.002	100	104.2	94.31	2.40	99.20	1.33	99.57
7	0.009	100	177.4	90.31	2.31	99.23	1.3 4	99.56
8	0.005	100	48.90	96.33	14.90	96.37	1.3 2	99.68
9	0.002	100	0.65	99.95	16.63	95.94	1.35	99.67

ตารางที่ 4. ผลการทดลองการตกตะกอนโลหะ (ก) พรอท (ข) เงิน (ค) โครเมียม (ง) เหล็ก ด้วยโซเดียมซัลไฟด์หลังตกตะกอนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้ว

(ก) พีเอช	ปริมาณพรอทที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วยNa <sub>2</sub> Sความเข้มข้นต่างๆ											
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า		3.0เท่า		4.0เท่า	
	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)
5	<0.0002	100	0.003	100	<0.0002	100	<0.0002	100	<0.0002	100	<0.0002	100
6	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100
7	0.007	100	0.007	100	0.005	100	0.001	100	0.001	100	0.001	100
8	0.003	100	<0.0002	100	<0.0002	100	0.001	100	0.001	100	<0.0002	100
9	0.004	100	0.001	100	<0.0002	100	0.004	100	<0.0002	100	<0.0002	100

ตารางที่ 4. (ต่อ)

(ข) พีเอช	ปริมาณเงินที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วย $\text{Na}_2\text{S}$ ความเข้มข้นต่างๆ											
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า		3.0เท่า		4.0เท่า	
	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)
5	102	94.42	132.5	92.76	0.76	99.96	0.76	99.96	0.75	99.96	0.72	99.96
6	99.28	94.57	22.40	98.78	0.75	99.96	1.08	99.94	0.75	99.96	0.78	99.96
7	173.6	90.51	5.28	99.71	0.44	99.98	0.05	100	0.38	99.98	0.41	99.98
8	0.38	99.97	0.37	99.97	0.37	99.97	0.37	99.97	0.35	99.97	0.41	99.97
9	0.37	99.97	0.36	99.97	0.03	100	0.37	99.97	0.41	99.97	0.53	99.96

(ค) พีเอช	ปริมาณโครเมียมที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วย $\text{Na}_2\text{S}$ ความเข้มข้นต่างๆ											
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า		3.0เท่า		4.0เท่า	
	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)
5	2.40	99.20	2.03	99.33	<0.03	100	<0.03	100	<0.03	100	<0.03	100
6	<0.03	100	<0.03	100	<0.03	100	0.11	99.96	0.22	99.93	0.13	99.96
7	1.39	99.54	0.73	99.76	2.29	99.24	1.89	99.37	2.20	99.27	2.30	99.24
8	7.24	98.23	9.95	97.57	0.66	99.84	5.12	98.75	12.92	96.85	6.20	98.49
9	14.88	96.37	16	96.10	8.03	98.04	12.42	96.97	4.06	99.01	8.58	97.91

ตารางที่ 4. (ต่อ)

(ง) พีเอช	ปริมาณเหล็กที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วย $\text{Na}_2\text{S}$ ความเข้มข้นต่างๆ											
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า		3.0เท่า		4.0เท่า	
	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)
5	1.50	99.51	1.35	99.56	1.46	99.52	1.39	99.55	1.36	99.56	0.45	99.85
6	1.23	99.60	1.27	99.59	1.25	99.60	1.30	99.58	1.25	99.58	1.19	99.61
7	1.26	99.60	1.30	99.58	1.31	99.57	1.30	99.58	1.22	99.60	1.37	99.55
8	1.27	99.85	1.23	99.85	1.11	99.87	1.13	99.86	1.13	99.86	1.27	99.85
9	1.18	99.86	1.29	99.84	1.20	99.86	1.29	99.84	1.26	99.85	1.31	99.84

ตารางที่ 5. ผลการทดลองการตกตะกอนโลหะ (ก) โปรท (ข) เงิน (ค) โคโรเมียม (ง) เหล็ก ด้วยโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์หลังตกตะกอนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้ว

(ก) พีเอช	ปริมาณโปรทที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วย $\text{Na}_2\text{S}$ ความเข้มข้นต่างๆ											
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า		3.0เท่า		4.0เท่า	
	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)
5	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100
6	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100
7	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	<0.0002	100	<0.0002	100
8	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100
9	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100

ตารางที่ 5. (ต่อ)

(ข) พีเอส	ปริมาณเงินที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วย $\text{Na}_2\text{S}$ ความเข้มข้นต่างๆ											
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า		3.0เท่า		4.0เท่า	
	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)
5	130	90.25	0.53	99.96	0.45	99.97	0.42	99.97	0.45	99.97	0.43	99.97
6	0.43	99.97	0.45	99.97	0.41	99.97	0.38	99.9	0.39	99.97	0.40	99.97
7	0.53	99.96	0.43	99.97	0.42	99.97	0.40	99.97	0.42	99.97	0.43	99.97
8	0.45	99.97	0.44	99.97	0.44	99.97	0.44	99.97	0.43	99.97	0.44	99.97
9	0.45	99.97	0.52	99.97	0.46	99.97	0.45	99.97	0.45	99.97	0.46	99.97

(ค) พีเอส	ปริมาณโครเมียมที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วย $\text{Na}_2\text{S}$ ความเข้มข้นต่างๆ											
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า		3.0เท่า		4.0เท่า	
	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)
5	0.62	99.85	0.78	99.81	0.83	99.80	0.79	99.81	1.01	99.75	0.69	99.83
6	2.31	99.44	1.28	99.69	0.75	99.82	0.80	99.81	0.69	99.83	0.72	99.82
7	3.75	99.09	1.91	99.53	1.36	99.67	1.12	99.73	1.02	99.75	0.91	99.78
8	14.84	96.38	0.13	99.97	0.13	99.97	0.16	99.96	0.14	99.97	0.20	99.95
9	12.15	96.24	6.80	97.89	6.80	97.89	1.08	99.67	0.82	99.75	0.35	99.89



ตารางที่ 5. (ต่อ)

(ง) พีเอช	ปริมาณเหล็กที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วยNa <sub>2</sub> Sความเข้มข้นต่างๆ											
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า		3.0เท่า		4.0เท่า	
	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)
5	1.19	99.85	1.27	99.85	1.16	99.86	1.19	99.85	1.08	99.87	1.21	99.85
6	1.25	99.86	1.34	99.84	1.29	99.85	1.28	99.85	1.12	99.87	1.27	99.85
7	1.20	99.86	1.17	99.86	1.15	99.86	1.16	99.86	1.14	99.86	1.17	99.86
8	0.95	99.54	1.06	99.54	1.00	99.56	1.01	99.56	0.93	99.54	0.93	99.54
9	0.96	99.54	1.00	99.54	0.89	99.61	0.95	99.58	0.94	99.54	0.95	99.54

ตารางที่ 6. ผลการทดลองการตกตะกอนผลึกโลหะด้วยโซเดียมไฮโอซัลเฟตปริมาณต่างๆ

ปริมาณNa <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (กรัม)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัด							
	Hg		Ag		Cr		Fe	
	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)
5	0.001	100	0.60	99.96	87.60	72.85	121.6	60.42
10	0.001	100	0.30	99.98	151.8	49.65	62.70	79.59
20	0.001	100	0.30	99.98	102.5	66.00	80.60	73.76
30	0.002	100	0.30	99.98	150.5	50.08	101.6	66.93
40	0.001	100	0.30	99.98	183.3	39.20	65.60	78.65

ตารางที่ 7. ผลการทดลองการตกตะกอนโลหะ (ก) โปรท (ข) เงิน (ค) โครเมียม (ง) เหล็ก ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์หลังตกตะกอนด้วยโซเดียมไฮโอซัลเฟตแล้ว

(ก) พีเอช	ปริมาณโปรทที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังการตกตะกอนด้วย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ความเข้มข้นต่าง ๆ					
	1 กรัม		10 กรัม		20 กรัม	
	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)
5	0.002	100	0.008	100	0.001	100
6	0.002	100	0.001	100	0.001	100
7	0.002	100	0.001	100	0.001	100
8	0.002	100	0.001	100	0.001	100
9	0.002	100	0.001	100	0.001	100

(ข) พีเอช	ปริมาณเงินที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังการตกตะกอนด้วย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ความเข้มข้นต่าง ๆ					
	1 กรัม		10 กรัม		20 กรัม	
	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)
5	239.1	78.61	0.52	99.95	0.62	99.94
6	2.96	99.74	0.52	99.95	0.65	99.94
7	1.55	99.86	0.51	99.95	0.74	99.93
8	1.43	99.87	0.48	99.96	0.70	99.94
9	1.04	99.91	0.48	99.96	0.55	99.95

ตารางที่ 7. (ต่อ)

พีเอช	ปริมาณโครเมียมที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังการตกตะกอนด้วย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ความเข้มข้นต่าง ๆ					
	1 กรัม		10 กรัม		20 กรัม	
	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)
5	14.30	98.02	109.8	84.77	113.3	84.29
6	1.14	99.84	17.45	97.58	70.9	90.17
7	1.38	99.81	0.01	100	5.5	99.24
8	11.71	98.38	3.01	99.58	7.81	98.92
9	13.47	98.13	14.50	97.99	14.42	98.00

พีเอช	ปริมาณเหล็กที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังการตกตะกอนด้วย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ความเข้มข้นต่าง ๆ					
	1 กรัม		10 กรัม		20 กรัม	
	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)
5	2.00	99.70	65.80	90.24	68.00	89.91
6	1.36	99.80	46.60	93.09	81.00	87.98
7	1.37	99.80	1.30	99.81	90.60	86.56
8	1.58	99.77	1.17	99.83	5.98	99.11
9	1.55	99.77	1.21	99.82	1.21	99.82

**ภาคผนวก ค**

**การคำนวณปริมาณสารเคมีที่ใช้**

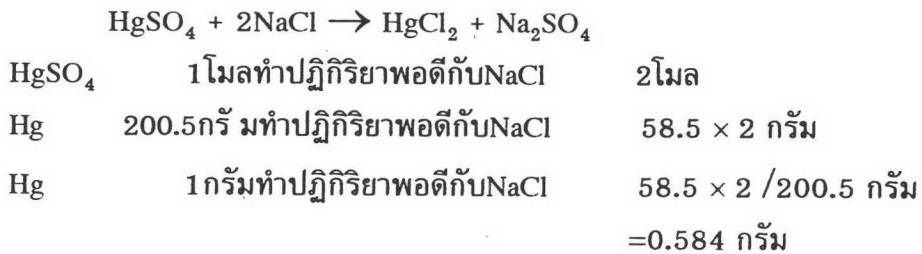
1. โซเดียมคลอไรด์
2. โซเดียมซัลไฟด์
3. โซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์

## 1. การคำนวณปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่ใช้

สมมติให้ปริมาณปรอทในน้ำเสียเป็น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร  
 ปริมาณเงินในน้ำเสียเป็น 800 มิลลิกรัมต่อลิตร

ก) ปรอท

## 1.1 ค่าความต้องการทางทฤษฎี

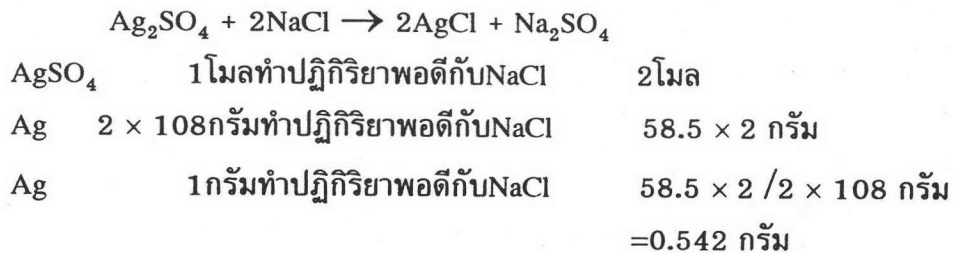


## 1.2 ปริมาณสารละลายที่ใช้

เตรียมสารละลาย NaCl เข้มข้น 0.1 กรัมต่อลิตร = 5.84 มิลลิลิตร  
 ปริมาณปรอทละลายในน้ำเสีย = 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร  
 = 1.0 กรัมต่อลิตร  
 Hg 1 กรัม ใช้สารละลาย NaCl = 5.84 มิลลิลิตร

ข) เงิน

## 1.1 ค่าความต้องการทางทฤษฎี



## 1.2 ปริมาณสารละลายที่ใช้

เตรียมสารละลาย NaCl เข้มข้น 0.1 กรัมต่อลิตร = 5.42 มิลลิลิตร  
 ปริมาณเงินละลายในน้ำเสีย = 800 มิลลิกรัมต่อลิตร  
 = 0.8 กรัมต่อลิตร  
 Ag 1 กรัม ใช้สารละลาย NaCl = 5.42 มิลลิลิตร  
 Ag 0.8 กรัม ใช้สารละลาย NaCl = 4.336 มิลลิลิตร

## 1.3 ปริมาณสารละลายที่ใช้รวม

ปริมาณสารละลาย NaCl ที่ใช้ = 5.84 + 4.336  
 = 10.176 มิลลิลิตรต่อลิตรของน้ำเสีย

## 2. การคำนวณปริมาณโซเดียมซัลไฟด์ที่ใช้

สมมติให้ปริมาณปรอทในน้ำเสียเป็น	1000 มิลลิกรัมต่อลิตร
ปริมาณเงินในน้ำเสียเป็น	800 มิลลิกรัมต่อลิตร
ก) ปรอท	
1.1 ค่าความต้องการทางทฤษฎี	
$\text{HgSO}_4 + \text{Na}_2\text{S} \rightarrow \text{HgS} + \text{Na}_2\text{SO}_4$	
$\text{HgSO}_4$ 1 โมลทำปฏิกิริยาพอดีกับ $\text{Na}_2\text{S}$	1 โมล
Hg 200.5 กรัมทำปฏิกิริยาพอดีกับ $\text{Na}_2\text{S}$	78 กรัม
Hg 1 กรัมทำปฏิกิริยาพอดีกับ $\text{Na}_2\text{S}$	$78. / 200.5$ กรัม
	= 0.389 กรัม
1.2 ปริมาณสารละลายที่ใช้	
เตรียมสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}$ เข้มข้น 0.1 กรัมต่อลิตร	= 3.89 มิลลิลิตร
ปริมาณปรอทละลายในน้ำเสีย	= 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร
	= 1.0 กรัมต่อลิตร
Hg 1 กรัมใช้สารละลาย $\text{Na}_2\text{S}$	= 3.89 มิลลิลิตร
ข) เงิน	
1.1 ค่าความต้องการทางทฤษฎี	
$\text{Ag}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{S} \rightarrow \text{Ag}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_4$	
$\text{Ag}_2\text{SO}_4$ 1 โมลทำปฏิกิริยาพอดีกับ $\text{Na}_2\text{S}$	1 โมล
Ag $2 \times 108$ กรัมทำปฏิกิริยาพอดีกับ $\text{Na}_2\text{S}$	78 กรัม
Ag 1 กรัมทำปฏิกิริยาพอดีกับ $\text{Na}_2\text{S}$	$78 / 2 \times 108$ กรัม
	= 0.361 กรัม
1.2 ปริมาณสารละลายที่ใช้	
เตรียมสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}$ เข้มข้น 0.1 กรัมต่อลิตร	= 3.61 มิลลิลิตร
ปริมาณเงินละลายในน้ำเสีย	= 800 มิลลิกรัมต่อลิตร
	= 0.8 กรัมต่อลิตร
Ag 1 กรัมใช้สารละลาย $\text{Na}_2\text{S}$	= 3.61 มิลลิลิตร
Ag 0.8 กรัมใช้สารละลาย $\text{Na}_2\text{S}$	= 2.888 มิลลิลิตร
1.3 ปริมาณสารละลายที่ใช้รวม	
ปริมาณสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}$ ที่ใช้	= 3.89 + 2.888
	= 6.778 มิลลิลิตรต่อลิตรของน้ำเสีย

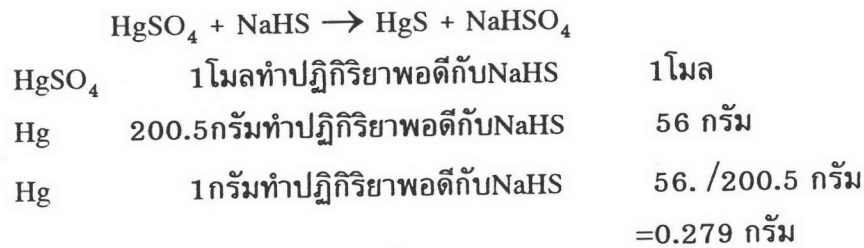
## 3. การคำนวณปริมาณโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ใช้

สมมติให้ปริมาณปรอทในน้ำเสียเป็น  
ปริมาณเงินในน้ำเสียเป็น

1000 มิลลิกรัมต่อลิตร  
800 มิลลิกรัมต่อลิตร

ก) ปรอท

## 1.1 ค่าความต้องการทางทฤษฎี



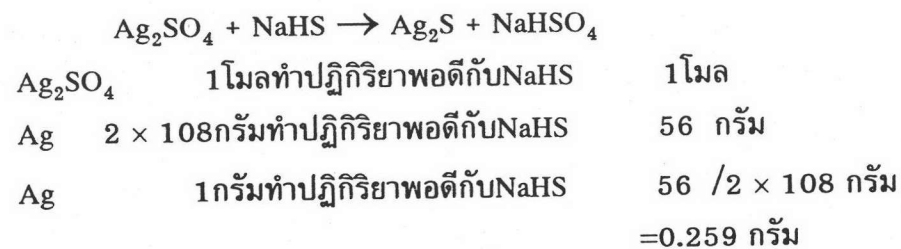
## 1.2 ปริมาณสารละลายที่ใช้

เตรียมสารละลาย NaHS เข้มข้น 0.1 กรัมต่อลิตร = 2.79 มิลลิลิตร  
ปริมาณปรอทละลายในน้ำเสีย = 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร  
= 1.0 กรัมต่อลิตร

Hg 1 กรัมใช้สารละลาย  $\text{Na}_2\text{S}$  = 2.79 มิลลิลิตร

ข) เงิน

## 1.1 ค่าความต้องการทางทฤษฎี



## 1.2 ปริมาณสารละลายที่ใช้

เตรียมสารละลาย NaHS เข้มข้น 0.1 กรัมต่อลิตร = 2.59 มิลลิลิตร  
ปริมาณเงินละลายในน้ำเสีย = 800 มิลลิกรัมต่อลิตร  
= 0.8 กรัมต่อลิตร

Ag 1 กรัมใช้สารละลาย NaHS = 2.59 มิลลิลิตร

Ag 0.8 กรัมใช้สารละลาย NaHS = 2.072 มิลลิลิตร

## 1.3 ปริมาณสารละลายที่ใช้รวม

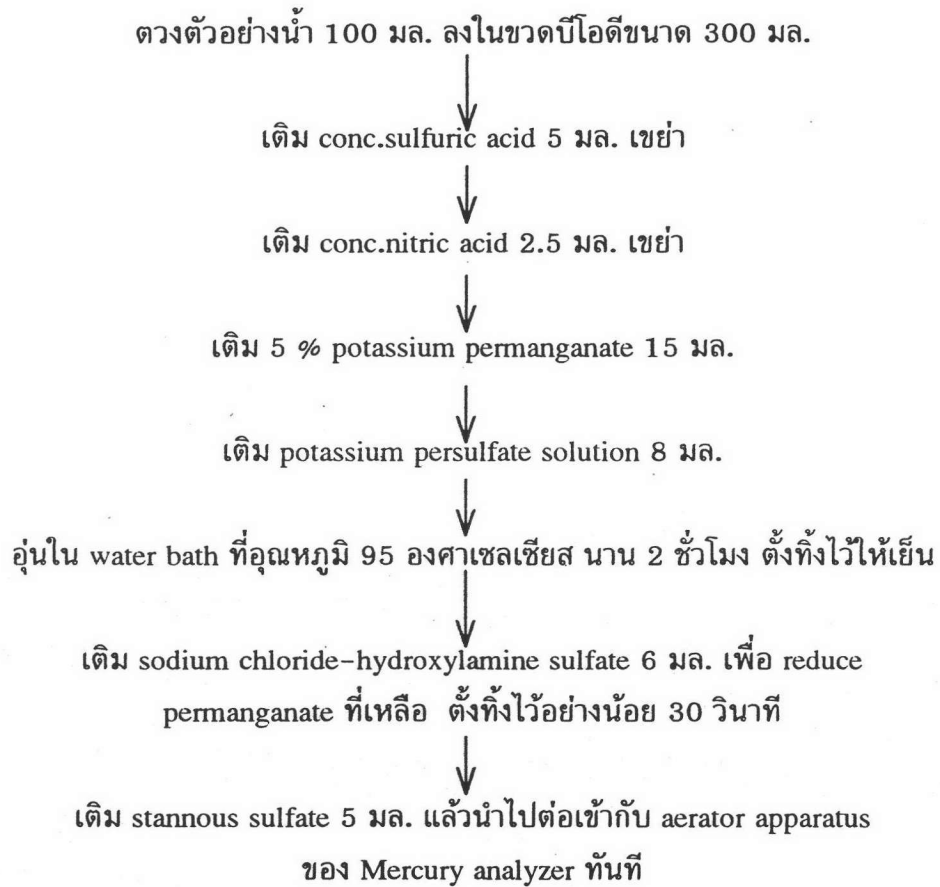
ปริมาณสารละลาย NaCl ที่ใช้ = 2.79 + 2.072  
= 4.862 มิลลิลิตรต่อลิตรของน้ำเสีย

ภาคผนวก ง

วิธีการเตรียมตัวอย่างก่อนวิเคราะห์



วิธีวิเคราะห์หาปริมาณปรอท (Mercury, Cold Vapor Technique)



### การวิเคราะห์ (APHA, AWWA and WPCF,1989)

- 1.ตวงตัวอย่างน้ำ 100 มิลลิลิตร หรือตัวอย่างน้ำที่เจือจางเป็น 100 มิลลิลิตร ซึ่งมี  
ปรอทไม่มากกว่า 1.6 ไมโครกรัม ลงในขวดบีโอดีขนาด 300 มิลลิลิตร
- 2.เติม sulfuric acid,conc. 5 มิลลิลิตร เขย่า
- 3.เติม nitric acid,conc. 2.5 มิลลิลิตร เขย่า
- 4.เติม potassium permanganate 15 มิลลิลิตร เขย่า
- 5.เติม potassium persulfate 8 มิลลิลิตร
- 6.นำไปอุ่นใน water bath ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็น
- 7.เติม sodium chloride-hydroxylamine sulfate 6 มิลลิลิตร เพื่อ reduce  
permanganate ที่เหลือ ทิ้งไว้อย่างน้อย 30 วินาที
- 8.เติม stannous sulfate 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปต่อเข้ากับ aerator apparatus ของ  
Mercury analyzer ทันที

### สารเคมี

1. Sulfuric Acid, conc
  - 1.1 Sulfuric acid 0.5 N:ละลาย Sulfuric acid 14.0 มล. ในน้ำกลั่น แล้วทำให้  
เป็น 1 ลิตร
2. Nitric Acid, conc
3. Stannous Sulfate : ชั่ง Stannous sulfate 25 กรัม ลงใน 0.5 N Sulfuric Acid  
ควรคนสารละลายนี้ตลอดเวลาที่ใช้
4. Sodium Chloride Solution : ละลาย Sodium Chloride 12 กรัม และ  
Hydroxylamine Sulfate 12 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางให้เป็น 100 มิลลิลิตร
5. Potassium Permanganate 5% solution,W/V ละลาย Potassium Permanganate  
5 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
6. Potassium Persulfate 5% solution,W/V ละลาย Potassium Persulfate 5 กรัม  
ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
7. Stock Mercury Solution :ละลาย Mercuric Chloride 0.1354 กรัม ในน้ำกลั่น 75  
มิลลิลิตร เติม Nitric Acid ,conc. 10 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร (1  
มิลลิลิตร =1 มิลลิกรัมHg)
8. Working Mercury Solution : เจือจาง Stock Mercury Solution ให้ได้ความเข้มข้น  
เป็น 0.1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และเติม Nitric Acid ลงไปด้วยเพื่อให้ Working Mercury  
Solution มี Nitric Acid 0.15%

### วิธีวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม เงิน และเหล็ก

ตวงตัวอย่างน้ำ 100 มล. ลงในบีกเกอร์ขนาด 120 มล.



เติม Conc. Nitric acid 5 มล.



นำไปให้ความร้อนบน hot plate ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส นาน 2 ชม.



ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น



นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

#### การวิเคราะห์

1. ตวงตัวอย่างน้ำ 100 มิลลิลิตร หรือตัวอย่างน้ำที่เจือจางเป็น 100 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 120 มิลลิลิตร
2. เติมกรดไนตริกเข้มข้น ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ลูกแก้ว 2-3 ลูก แล้วปิดด้วยกระจกนาฬิกา (watch glass)
3. นำไปให้ความร้อนจนกระทั่งของเหลวเหลือประมาณ 10-20 มล หรือประมาณ 2 ชม. ตั้งทิ้งให้เย็น
4. นำมาปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นโดยใส่ใน volumetric flask 100 มล.
5. นำไปทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักแต่ละชนิดด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ภาคผนวก จ

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 12

## ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2512)

ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512

เรื่อง หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 19 (6) แห่งพระราชบัญญัติโรงงานพ.ศ.2512รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม ออกประกาศกำหนดหลักเกณฑ์ และวิธีการที่ผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานทุกประเภท หรือชนิดที่มีหน้าที่กระทำการเกี่ยวกับการระบายน้ำทิ้งดังต่อไปนี้

ให้ยกเลิกความในข้อ 22 แห่งประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2(พ.ศ.2513)ลงวันที่ 24 กรกฎาคม 2513 และให้ใช้ข้อความต่อไปนี้แทน

ข้อ 22 ห้ามมิให้ระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงาน เว้นแต่ได้ทำการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง แต่ต้องไม่ใช้วิธีทำให้เจือจาง (Dilution) โดยให้น้ำทิ้งลักษณะดังต่อไปนี้

(1) ค่าความเป็นกรดต่าง(pH value)ระหว่าง 5 ถึง 9

(2) ค่าของเปอร์มันганเนต(Permanganate value) ไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร

(3) สารที่ละลายได้ (dissolve Solid) ต้องมีค่าดังนี้

3.1 สารที่ละลายได้ (dissolve Solid) ต้องไม่มากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างกันที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ภูมิภาค หรือลักษณะการระบายตามที่พนักงานเจ้าหน้าที่เห็นสมควรแต่ต้องไม่มากกว่า 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.2 น้ำทิ้งซึ่งจะระบายออกจากโรงงานลงสู่แหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม(Salinity) เกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือลงสู่ทะเล ค่าสารที่ละลายได้ในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าสารที่ละลายได้ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

(4) ซัลไฟด์ (Sulphide) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $H_2S$ ) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(5) ไซยาไนด์ (Cyanide) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

(6) โลหะหนักมีค่าดังนี้

6.1	สังกะสี (Zinc)	ไม่มากกว่า	5 มิลลิกรัมต่อลิตร
6.2	โครเมียม (Chromium)	ไม่มากกว่า	0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร
6.3	อาร์เซนิก (Arsenic)	ไม่มากกว่า	0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร
6.4	ทองแดง (Copper)	ไม่มากกว่า	1 มิลลิกรัมต่อลิตร
6.5	ปรอท (Mercury)	ไม่มากกว่า	0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.6 แคดเมียม (Cadmium)	ไม่มากกว่า	0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร
6.7 บาเรียม (Barium)	ไม่มากกว่า	1 มิลลิกรัมต่อลิตร
6.8 เซเลเนียม (Selenium)	ไม่มากกว่า	0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร
6.9 ตะกั่ว (Lead)	ไม่มากกว่า	0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร
6.10 นิกเกิล (Nickel)	ไม่มากกว่า	0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร
6.11 แมงกานีส (Manganese)	ไม่มากกว่า	5 มิลลิกรัมต่อลิตร

(7) น้ำมันทาร์ (Tar) ไม่มีเลย

(8) น้ำมันและไขมัน (oil & Grease) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ยกเว้นโรงงานกลั่นน้ำมัน และโรงงานประกอบกิจการผสมน้ำมันหล่อลื่น จาระบี ตามประเภทหรือชนิดโรงงานลำดับที่ 49/50 (4) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ให้มีน้ำมันไม่มากกว่า 14 มิลลิกรัมต่อลิตร

(9) ฟอรัลดีไฮด์ (Formaldehyde) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(10) ฟีนอลและครีโซล (Phenols & Cresols) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(11) คลอรีนอิสระ (Free Chlorine) ไม่มากกว่า 15 มิลลิกรัมต่อลิตร

(12) ยามฆ่าแมลง (Insecticide) สารกัมมันตภาพรังสี ไม่มีเลย

(13) ถ้าอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่ระหว่าง 1 ต่อ 8 ถึง 1 ต่อ 150 สารที่ลอยเจือปนอยู่ต้องไม่มากกว่า 30 ส่วนใน 1,000,000 ส่วนถ้าอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่ระหว่าง 1 ต่อ 151 ถึง 1 ต่อ 300 สารที่ลอยเจือปนอยู่ต้องไม่มากกว่า 60 ส่วนใน 1,000,000 ถ้าอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่ระหว่าง 1 ต่อ 500 สารที่ลอยเจือปนอยู่ต้องไม่มากกว่า 150 ส่วนใน 1,000,000 ส่วน

(14) ค่า บี.โอ.ดี.(B.O.D.) (5 วันที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) ไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้แล้วแต่ภูมิภาคหรือลักษณะการระบายตามที่พนักงานเจ้าหน้าที่เห็นสมควรแต่ต้องไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร (บี.โอ.ดี. หรือ(B.O.D) ย่อมาจาก Biochemical Oxygen demand) ยกเว้น เฉพาะโรงงานหรือชนิดดังต่อไปนี้

14.1 โรงงานประกอบกิจการทำอาหารจากสัตว์น้ำ และบรรจุในภาชนะที่ผนึกและอากาศเข้าไม่ได้ ตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 7(1) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2512) ต้องมีค่า บี.โอ.ดี.(B.O.D.) ไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่าบี.โอ.ดี.(B.O.D) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.2 โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 9(3) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1(พ.ศ.2511)ซึ่งมีกรรมวิธีผลิตดังนี้

14.2.1 เหยียงแยกแป้งแล้วทำให้แห้งด้วยลมร้อน ต้องมีค่าบี.โอ.ดี.(B.O.D.) ไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้แล้วแต่ภูมิภาค หรือลักษณะการระบายตามที่พนักงานเจ้าหน้าที่เห็นสมควร แต่ต้องไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.2.2 การแยกแปะด้วยการตกตะกอนแล้วทำให้แห้งพื้นองไฟต้องมีค่าบี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไปต้องมีค่าบี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.3 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับทำผลิตภัณฑ์อาหารจากแปงเป็นเส้นหรือขึ้นตามประเภทหรือชนิดโรงงานลำดับที่ 10(3) แห่งกฎกระทรวงฉบับที่ 1(พ.ศ.2512) ชนิดทำก้วยเตี้ยว ขนมจีน และเส้นหมี่ที่ใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบไม่เกิน 500 กิโลกรัมต่อวัน ต้องมีค่าบี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 150 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไปต้องมีค่าบี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.4 โรงงานหมัก ฟอก หนังสัตว์ ตามประเภทหรือชนิดโรงงานลำดับที่ 29 แห่งกฎกระทรวงฉบับที่ 1(พ.ศ.2512) ที่ใช้หนังสัตว์สดเป็นวัตถุดิบต้องมีค่าบี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตรและนับแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไปต้องมีค่าบี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.5 โรงงานผลิตเยื่อกระดาษจากไม้ ชานอ้อย หญ้า เศษผ้า ฯลฯ ตามประเภทหรือชนิดโรงงานลำดับที่ 38(1) แห่งกฎกระทรวงฉบับที่ 1(พ.ศ.2512) ต้องมีค่าบี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไปต้องมีค่าบี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.6 โรงงานห้องเย็น ตามประเภท หรือชนิดโรงงานลำดับที่ 92 แห่งกฎกระทรวงฉบับที่ 1(พ.ศ.2512) ต้องมีค่าบี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตรและนับแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไปต้องมีค่าบี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

(15) อุณหภูมิของน้ำทิ้งที่จะระบายลงสู่ลำน้ำสาธารณะ ไม่มากกว่า 40 องศาเซลเซียส

(16) สีหรือกลิ่นของน้ำทิ้ง เมื่อระบายลงสู่ลำน้ำสาธารณะแล้ว ไม่เป็นที่รังเกียจ

ประกาศ ณ วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2525

พลตรี ชาติชาย ชุณหะวัณ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

**ภาคผนวก จ**

**ระยะเวลาในการตกตะกอนของสารแต่ละชนิด**



ตารางที่ 1 ระยะเวลาในจมตัวของตะกอนที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียจากการวิเคราะห์ซีไอดีโดยการตกตะกอนด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ

ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นจากการตกตะกอนด้วยสารเคมีต่าง ๆ (มล.)					
เวลาที่ผ่านไป(นาที)	โซเดียมไฮดรอกไซด์	โซเดียมคลอไรด์	โซเดียมซัลไฟด์	โซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์	โซเดียมไฮโอซัลเฟต
0	800	500	500	500	800
5	400	500	500	500	800
10	250	350	500	500	400
15	200	250	500	500	300
20	200	100	500	500	200
30	200	80	470	480	200
60	200	20	450	480	180
1 วัน	200	20	10	80	100

ระยะเวลาในการจมตัวของตะกอนโซเดียมไฮดรอกไซด์ เท่ากับ 15 นาที

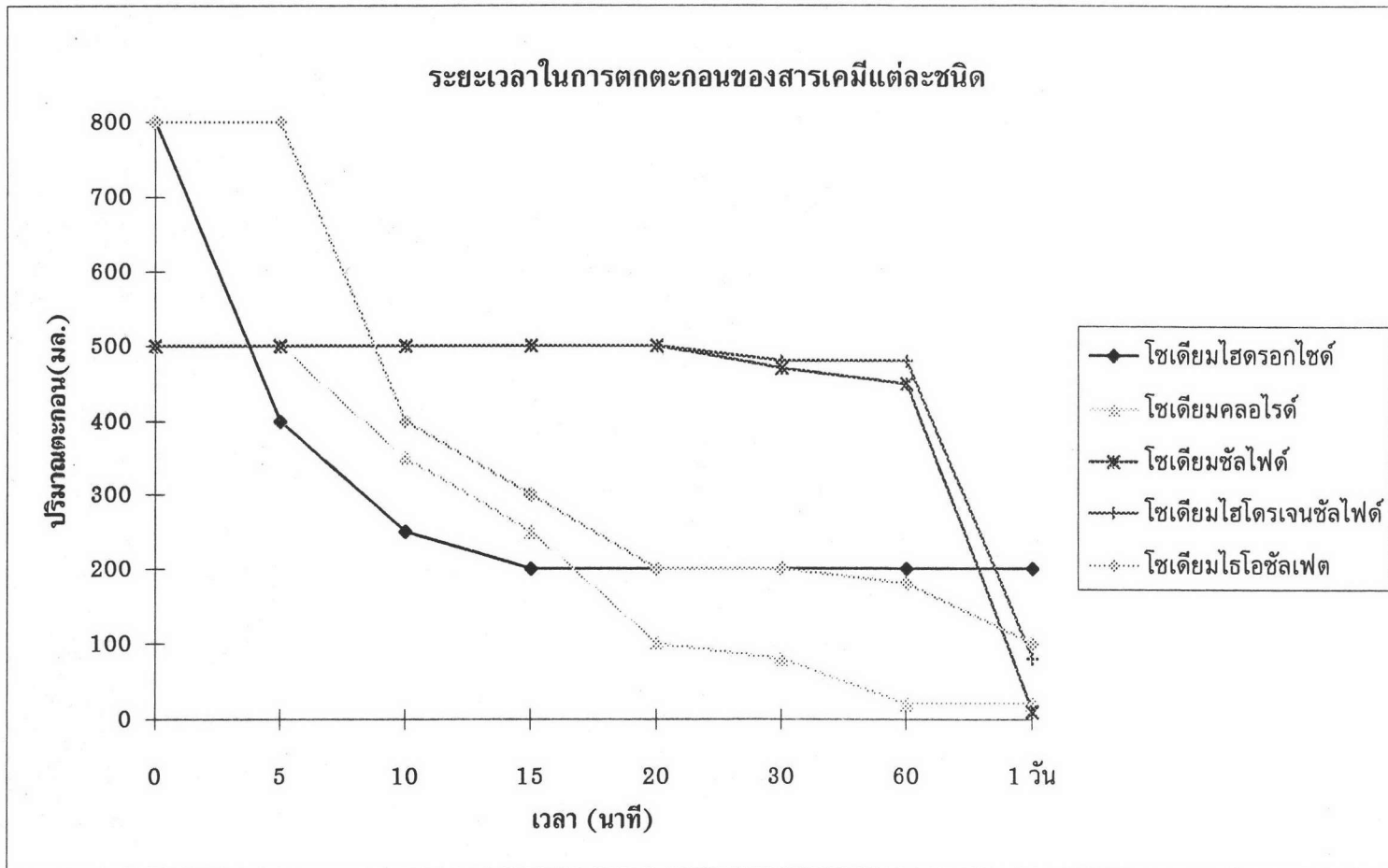
ระยะเวลาในการจมตัวของตะกอนโซเดียมคลอไรด์ เท่ากับ 1 ชม.

ระยะเวลาในการจมตัวของตะกอนโซเดียมซัลไฟด์ เท่ากับ ประมาณ 1ชม.

ระยะเวลาในการจมตัวของตะกอนโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ เท่ากับ ประมาณ1ชม.

ระยะเวลาในการจมตัวของตะกอนโซเดียมไฮโอซัลเฟต เท่ากับประมาณ 1ชม.

รูปที่ 1 ระยะเวลาในจมตัวของตะกอนที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียจากการวิเคราะห์ซีไอทีโดยการตกตะกอนด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ



**ภาคผนวก ช**

- 1.ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในแต่ละการทดลอง**
- 2.ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นในแต่ละการทดลอง**
- 3.การคำนวณค่าใช้จ่ายในแต่ละการทดลอง**

ตารางที่ 1.1 ปริมาณสารเคมีของการตกตะกอนโลหะด้วยNaClหลังการตกตะกอนด้วยNaOHแล้ว  
ต่อน้ำเสีย 1 ลิตร

ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอน (กรัม)								
พีเอช	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า	
	NaOH	NaCl	NaOH	NaCl	NaOH	NaCl	NaOH	NaCl
5	281.63	0.16	281.63	0.81	281.63	1.62	281.63	3.23
6	283.67	0.16	283.67	0.81	283.67	1.62	283.67	3.23
7	301.02	0.16	301.02	0.81	301.02	1.62	301.02	3.23
8	312.24	0.16	312.24	0.81	312.24	1.62	312.24	3.23
9	315.31	0.16	315.31	0.81	315.31	1.62	315.31	3.23

ตารางที่ 1.2 ปริมาณสารเคมีของการตกตะกอนโลหะด้วยNaOHหลังการตกตะกอนด้วยNa<sub>2</sub>Sแล้ว  
ต่อน้ำเสีย 1 ลิตร

ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอน (กรัม)												
พีเอช	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า		3.0เท่า		4.0เท่า	
	NaOH	Na <sub>2</sub> S	NaOH	Na <sub>2</sub> S	NaOH	Na <sub>2</sub> S	NaOH	Na <sub>2</sub> S	NaOH	Na <sub>2</sub> S	NaOH	Na <sub>2</sub> S
5	3112	0.17	3112	0.83	3112	1.0	3112	3.33	3112	5.3	3112	7.3
6	3143	0.17	3143	0.83	3143	1.0	3143	3.33	3143	5.3	3143	7.3
7	3163	0.17	3163	0.83	3163	1.0	3163	3.33	3163	5.3	3163	7.3
8	3184	0.17	3184	0.83	3184	1.0	3184	3.33	3184	5.3	3184	7.3
9	3204	0.17	3204	0.83	3204	1.0	3204	3.33	3204	5.3	3204	7.3

ตารางที่ 1.3 ปริมาณสารเคมีของการตกตะกอนโลหะด้วยNaOHหลังการตกตะกอนด้วยNaHS แล้วต่อน้ำเสีย 1 ลิตร

ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอน (กรัม)												
พีเอช	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า		3.0เท่า		4.0เท่า	
	NOH	NHS	NOH	NHS	NOH	NHS	NOH	NHS	NOH	NHS	NOH	NHS
5	3112	0.1	3112	044	3112	088	3112	173	3112	6.1	3112	13.3
6	3143	0.1	3143	044	3143	088	3143	173	3143	6.1	3143	13.3
7	3163	0.1	3163	044	3163	088	3163	173	3163	6.1	3163	13.3
8	3184	0.1	3184	044	3184	088	3184	173	3184	6.1	3184	13.3
9	3204	0.1	3204	044	3204	088	3204	173	3204	6.1	3204	13.3

ตารางที่ 1.4 ปริมาณสารเคมีของการตกตะกอนโลหะด้วย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ หลังการตกตะกอนด้วยNaOH แล้วต่อน้ำเสีย 1 ลิตร

ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอน (กรัม)						
พีเอช	1กรัม		10กรัม		20กรัม	
	NaOH	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	NaOH	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	NaOH	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
5	298	2.02	298	20.2	298	40.4
6	299	2.02	299	20.2	299	40.4
7	300	2.02	300	20.2	300	40.4
8	301	2.02	301	20.2	301	40.4
9	302	2.02	302	20.2	302	40.4

ตารางที่ 2.1 ปริมาณตะกอนของการตกตะกอนโลหะด้วยNaClหลังการตกตะกอนด้วยNaOHแล้ว  
ต่อน้ำเสีย 1 ลิตร

ปริมาณตะกอนของการตกตะกอนโลหะด้วยNaClหลังการตกตะกอนด้วยNaOHแล้ว(กรัม)				
พีเอช	0.1เท่า	0.5เท่า	1.0เท่า	2.0เท่า
5	72.53	72.96	73.30	73.82
6	76.13	76.56	76.94	77.26
7	79.30	79.70	80.14	80.78
8	83.62	83.94	84.22	84.58
9	86.32	86.71	86.98	87.24

ตารางที่ 2.2 ปริมาณตะกอนของการตกตะกอนโลหะด้วยNa<sub>2</sub>Sหลังการตกตะกอนด้วยNaOHแล้ว  
ต่อน้ำเสีย 1 ลิตร

ปริมาณตะกอนของการตกตะกอนโลหะด้วยNa <sub>2</sub> Sหลังการตกตะกอนด้วยNaOHแล้ว(กรัม)						
พีเอช	0.1เท่า	0.5เท่า	1.0เท่า	2.0เท่า	3.0เท่า	4.0เท่า
5	50.51	50.68	50.90	51.12	51.33	51.48
6	54.66	54.82	54.96	55.24	55.39	55.47
7	57.33	57.55	57.64	57.84	57.99	58.11
8	60.98	61.25	61.39	61.57	61.66	61.91
9	63.64	-	63.89	64.16	-	64.55

ตารางที่ 2.3 ปริมาณตะกอนของการตกตะกอนโลหะด้วยNaHSหลังการตกตะกอนด้วยNaOH  
แล้วต่อน้ำเสีย 1 ลิตร

ปริมาณตะกอนของการตกตะกอนโลหะด้วยNaHSหลังการตกตะกอนด้วยNaOHแล้ว(กรัม)						
พีเอช	0.1เท่า	0.5เท่า	1.0เท่า	2.0เท่า	3.0เท่า	4.0เท่า
5	54.69	54.82	-	55.25	55.39	55.82
6	57.23	57.44	57.74	57.96	58.23	58.56
7	60.24	60.66	-	-	61.66	61.87
8	64.61	-	64.99	65.22	65.39	65.58
9	67.88	68.06	68.40	68.77	68.91	69.10

ตารางที่ 2.4 ปริมาณตะกอนของการตกตะกอนโลหะด้วย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ หลังการตกตะกอนด้วย $\text{NaOH}$  แล้วต่อน้ำเสีย 1 ลิตร

ปริมาณตะกอนของการตกตะกอนโลหะด้วย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ หลังการตกตะกอนด้วย $\text{NaOH}$ แล้ว(กรัม)			
พีเอช	1กรัม	10กรัม	20กรัม
5	56.02	56.34	56.57
6	58.55	58.74	58.92
7	61.68	62.00	62.33
8	65.09	65.37	65.65
9	67.94	68.22	68.61

ตารางที่ 3.1 ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีต่อน้ำเสีย 1 ลบม.

การทดลอง	ปริมาณNaOH(Kg)	ปริมาณสาร Na <sub>2</sub> S,NaHS,Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kg)	ราคาของNaOH(บาท)	ราคาของสาร Na <sub>2</sub> S,NaHS,Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (บาท)	รวมราคาสารเคมี (บาท)
NaCl 1.0เท่า pH 5	281.63	1.62	5,725.54	12.13	5,737.67
Na <sub>2</sub> S 1.0เท่า pH 5	311.24	1.67	6,327.51	42.89	6,370.40
NaHS 0.5เท่า pH 8	318.37	0.44	6,472.46	4.71	6,477.17
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 10 กรัม pH7	300.00	20.20	6099.00	237.75	6,336.75

ตารางที่ 3.2 ค่าใช้จ่ายในการบำบัดกากตะกอน ต่อน้ำเสีย 1 ลบม.

การทดลอง	ปริมาณตะกอน (Kg)	ค่าขนส่งไปแสมดำ (บาท)	ค่าขนส่งไปราชบุรี (บาท)	ค่าบำบัดกากที่แสม ดำ(บาท)	ค่าฝังกาก(บาท)	ค่าบำบัดรวม (บาท)
NaCl 1.0เท่า pH 5	73.30	11.00	18.33	32.99	7.33	69.65
Na <sub>2</sub> S 1.0เท่า pH 5	50.90	7.64	12.73	22.91	5.09	48.37
NaHS 0.5เท่า pH 8	64.78	9.72	16.20	29.15	6.48	61.55
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 10 กรัม pH7	62.00	9.30	15.50	27.90	6.20	58.90



## ประวัติผู้เขียน

นางสาวนิษฐา ทวีถาวรสวัสดิ์ เกิดวันที่ 16 กันยายน พ.ศ.2513 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในปีการศึกษา 2536 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2536

