

การกำจัดซิลเวอร์ไอออนจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยการตกตะกอนผลึกทางเคมี

Silver Ion Removal from Synthetic Wastewater by Chemical Precipitation

พนิดา สามพรานไพบุลย์* และ สิริินยา รูปทอง

ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ถนนพหลโยธิน ตำบลหลักหก อำเภอเมือง
จังหวัดปทุมธานี 12000 E-mail: panida3@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันของเสียอันตรายถูกพบในสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เกลือของโลหะ เช่น ตะกั่วปรอทโครเมียม สังกะสี รวมถึงโลหะเงิน ถ้าโลหะเหล่านี้แพร่กระจายสู่แหล่งน้ำจะสะสมอยู่ได้เป็นเวลานาน และอาจสะสมอยู่ในสัตว์น้ำด้วย ซึ่งอาจเป็นอันตรายอย่างมากต่อสุขภาพของมนุษย์ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการกำจัดซิลเวอร์ไอออนจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยการตกตะกอนผลึกทางเคมี โดยใช้ น้ำเสียสังเคราะห์ได้แก่ ซิลเวอร์ไนเตรท (AgNO_3) ที่ความเข้มข้น 50, 100, 150 และ 200 ppm นำมาตกตะกอนด้วยการปรับค่าพีเอชด้วยปูนขาว (Ca(OH)_2) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) พบว่าในการกำจัดซิลเวอร์ไอออน ควรใช้ปูนขาวที่ปริมาณ 4.5798 g ต่อ น้ำเสียสังเคราะห์ 100 mL มาปรับ พีเอช ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นซิลเวอร์ไนเตรท (AgNO_3) 50 ppm (ปริมาณซิลเวอร์ไอออนเริ่มต้น 23.5 ppm) ให้ได้ พีเอช เท่ากับ 11 โดยปริมาณซิลเวอร์ไอออนเหลืออยู่หลังจากตกตะกอน 1.04 ppm และ น้ำหนักตะกอนสุทธิที่ได้หลังจากการตกตะกอนผลึก 19.05 mg ต่อ น้ำเสียสังเคราะห์ 100 mL

คำสำคัญ: ซิลเวอร์ไอออน ตกตะกอนผลึกทางเคมี ปูนขาว

Abstract

Nowadays, hazardous wastes are found in the environment, especially metallic salts, such as lead, mercury, chromium, zinc, and silver. If these metals enter the aquatic environment, they can accumulate in sediments and aquatic organisms for a long period and, cause harm to human health. This research was studied to remove silver ion using chemical precipitation of silver ion to silver nitrate (AgNO_3) at concentrations 50, 100, 150 and 200 ppm on synthetic wastewater. Lime (Ca(OH)_2) and sodium hydroxide (NaOH) were added to initial precipitation by pH conditioning. From the experiments, the removal of silver ion was suitably precipitated with lime 4.5798 g for pH adjustment of silver nitrate (AgNO_3) 50 ppm, initial silver ion = 23.5 ppm, to pH 11. The amount of silver ion after precipitation was remained 1.04 ppm and net sludge weight was 19.95 mg for wastewater volume of 100 mL.

Keywords: silver ion, chemical precipitation, lime

1. บทนำ

การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการพัฒนาทางเทคโนโลยี ทำให้มีการขยายตัว ก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่มีความรุนแรงและยากต่อการแก้ไข หนึ่งในผลกระทบนั้นคือการปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเกลือของโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว ปรอท โครเมียม สังกะสี รวมถึงโลหะเงิน และเกลือของโลหะเหล่านี้มักไม่มีการบำบัดหรือกำจัดก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ (Yujing et al., 2005 และ Tao et al., 2006)

โดยปกติแล้วโลหะหนักเหล่านี้จะแพร่กระจายสู่แหล่งน้ำและสะสมอยู่ในตะกอนหรือสิ่งมีชีวิตได้เป็นเวลานาน ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคอย่างมาก การแยกโลหะหนักได้พัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำมาใช้บรรเทาการปนเปื้อนของโลหะหนักสู่สิ่งแวดล้อมได้แก่ การกรองผ่านเมมเบรน (Membrane process) การตกตะกอน (Precipitation) การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange) และการดูดซับ (Adsorption) เป็นต้น (Rittmann, 2010 และ Can and Jianlong, 2010) ซึ่งวิธีการตกตะกอนทางเคมี (Chemical Precipitation) วิธีหนึ่งที่ได้รับการนิยมนิยม โดยการปรับสภาพพีเอชของน้ำเสียให้เหมาะสมด้วยสารเคมีต่างๆ

ซิลเวอร์ไอออนเป็นโลหะหนักที่พบในน้ำเสีย มักอยู่ในรูปของสารละลาย ทำให้ไม่สามารถบำบัดออกจากน้ำเสียได้ด้วยวิธีการตกตะกอนหรือกรองเพียงลำพัง การตกตะกอนเคมีเพื่อกำจัดซิลเวอร์ไอออนจะเริ่มจากการสร้างผลึกของแข็ง ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ทำให้ไอออนประจุบวกและลบรวมกันเป็นตะกอนของแข็งไม่ละลายน้ำเสียก่อน จากนั้นจึงทำให้ผลึกของแข็งรวมกันเป็นกลุ่มก้อน หรือฟล็อก เพื่อให้สามารถแยกออกจากน้ำเสียได้โดยวิธีตกตะกอนและวิธีกรอง ดังนั้นการกำจัดซิลเวอร์ไอออน ต้องใช้วิธีการตกผลึกร่วมกับวิธีโคแอกกูเลชัน

ตามด้วยวิธีตกตะกอนและวิธีกรองโลหะหนัก อย่างไรก็ตามกระบวนการโคแอกกูเลชันด้วยสารส้มจะทำให้ค่าพีเอชต่ำเกินไป ซิลเวอร์จะสามารถละลายน้ำได้ดีและปนเปื้อนซ้ำ ดังนั้นจึงต้องเริ่มกระบวนการด้วยการเพิ่มค่าพีเอชของระบบเพื่อลดความสามารถในการละลายน้ำของซิลเวอร์คลอไรด์ และซิลเวอร์ไอออนสามารถตกผลึกได้ แล้วจึงนำน้ำส่วนใสมาผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน การเติมสารเคมีประเภทต่างๆ เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ กรดไนตริก ปูนขาว สารส้มลงในน้ำเสียจะต้องควบคุมให้ค่าพีเอชอยู่ในระดับที่เหมาะสม

2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้จึงได้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานะที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดซิลเวอร์ไอออนด้วยการตกตะกอนผลึกทางเคมีจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยการปรับพีเอชให้เป็นเบสด้วยปูนขาว ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

3. อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมสารเคมีที่ใช้ในปรับพีเอช ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปูนขาว ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) สำหรับปรับพีเอช ช่วง 8-14 สำหรับปรับพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมไว้ที่ความเข้มข้น 50, 100, 150 และ 200 ppm ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 mL ในกระบวนการสร้างผลึก เมื่อค่าพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์ถูกปรับตามที่กำหนดแล้วจะตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 วัน เพื่อตกตะกอนผลึก แล้วทำการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman 42 เก็บส่วนใสที่ได้จากการกรอง จากนั้นก็นำไปวิเคราะห์ปริมาณซิลเวอร์ไอออนด้วยเครื่อง Atomic Absorption (AA) จะได้ปริมาณซิลเวอร์ไอออนหลังจากการตกตะกอนผลึก ส่วนตะกอนก็นำไป

อบให้แห้ง และชั่งเพื่อหาปริมาณตะกอนสุทธิตี่ได้ หลังจากการตกตะกอนผลึก

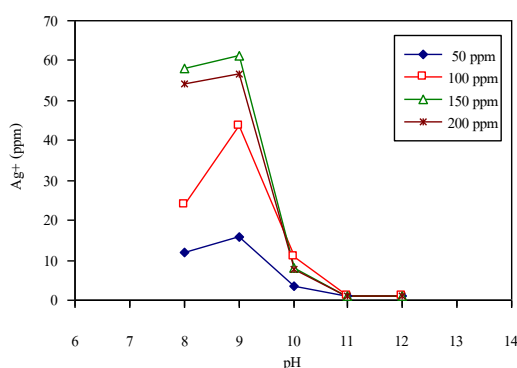
4. ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผล

4.1 ปริมาณซิลเวอร์ไอออนที่ได้หลังจากการตกตะกอนผลึก

4.1.1 ปูนขาว ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

จากการเตรียมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ความเข้มข้น 50, 100, 150 และ 200 ppm โดยสารละลายมีค่าพีเอช เริ่มต้น เท่ากับ 7 และทำปรับ พีเอช โดยเติม ปูนขาวปริมาณต่างๆ เพื่อให้ตกตะกอนผลึก ปริมาณซิลเวอร์ไอออนที่ได้หลังจากการตกตะกอนผลึกด้วยปูนขาวที่ค่าพีเอชต่างๆ แสดงดังรูปที่ 1

จากรูปที่ 1 พบว่า ปริมาณซิลเวอร์ไอออนที่ได้ หลังจากการตกตะกอนผลึกด้วยปูนขาว จะลดลงเมื่อค่าพีเอชของระบบ ค่าพีเอชเท่ากับ 11 หากเพิ่มค่าพีเอชของระบบอีก จะไม่ทำให้ปริมาณของซิลเวอร์ไอออนที่เหลืออยู่เปลี่ยนแปลงมากนัก สันนิษฐานได้ว่าซิลเวอร์ไอออนตกตะกอนผลึกได้เกือบทั้งหมด โดยมีปริมาณซิลเวอร์ไอออนละลายน้ำเหลืออยู่น้อยมาก (< 5 %) และ



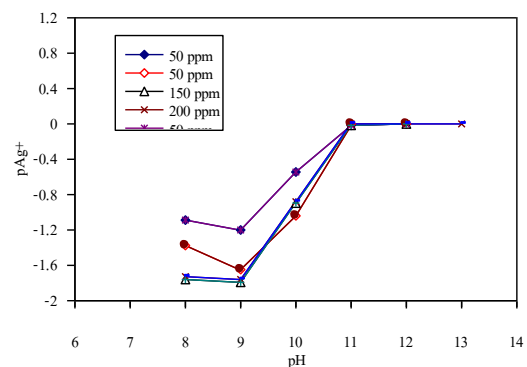
รูปที่ 1 ปริมาณซิลเวอร์ไอออนที่ได้หลังจากการตกตะกอนผลึกด้วยปูนขาวกับค่า พีเอช ที่ความเข้มข้นซิลเวอร์ไนเตรทต่างๆ

ไม่สามารถตกตะกอนได้อีกต่อไป เมื่อความเข้มข้นของซิลเวอร์ไนเตรทสูงขึ้น พบว่าปริมาณซิลเวอร์ไอออนที่

ได้จากการตกตะกอนผลึกด้วยปูนขาวมีแนวโน้มทำนองเดียวกัน โดยค่าพีเอชที่เหมาะสม (Optimum pH) ของระบบเท่ากับ 11 ด้วยปูนขาวปริมาณ 4.5798 g ต่อสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท 50 ppm ปริมาตร 100 mL

เมื่อทำการ Predominance zone diagram (PZD) เพื่อหาความสัมพันธ์ของพีเอชของซิลเวอร์ไอออนดังรูปที่ 2 โดย $\text{pAg}^+ = -\log[\text{Ag}^+]$ พบว่าซิลเวอร์ไอออนสามารถละลายน้ำได้ต่ำสุด จะอยู่ที่พีเอชเท่ากับ

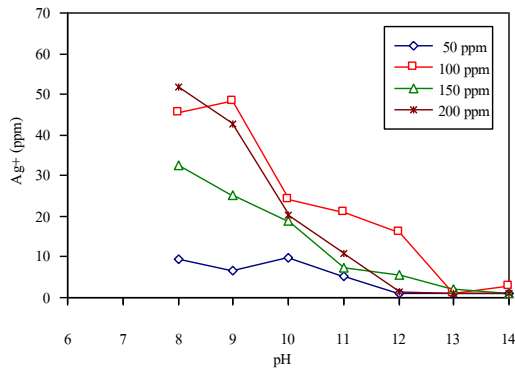
11



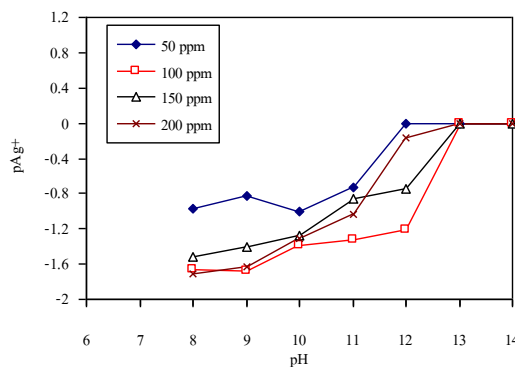
รูปที่ 2 Predominance zone diagram ของซิลเวอร์ไอออนในสารละลายที่เหลือจากการตกตะกอนผลึกด้วยปูนขาว

4.1.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

หากเปลี่ยนสารละลายจากปูนขาวมาเป็นโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่า ปริมาณซิลเวอร์ไอออนที่ละลายน้ำจะเหลือในระบบต่ำสุด ที่ค่าพีเอชเท่ากับ 13 เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะไม่ทำให้ปริมาณของซิลเวอร์ไอออนที่เหลือในน้ำเปลี่ยนแปลงมากนัก ดังแสดงในรูปที่ 3 และเมื่อทำการ Predominance zone diagram (PZD) แสดงดังรูปที่ 4 พบว่าซิลเวอร์ไอออนสามารถละลายน้ำได้ต่ำสุด จะอยู่ที่พีเอชเท่ากับ 13 เมื่อเปรียบเทียบการสร้างผลึกด้วยปูนขาว และโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่าค่าพีเอชที่เหมาะสมของระบบมีค่าเท่ากับ 11 และ 13 ตามลำดับ



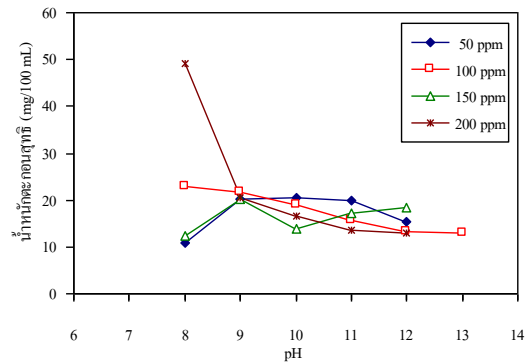
รูปที่ 3 ปริมาณซิลเวอร์ไอออนที่ได้หลังจากการตกตะกอนผลึกด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์กับค่าพีเอช ที่ความเข้มข้นซิลเวอร์ไนเตรตต่างๆ



รูปที่ 4 Predominance zone diagram ของซิลเวอร์ไอออนในสารละลายที่เหลือจากการตกตะกอนผลึกด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

4.2.1 ปูนขาว ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

จากการทดลองเพื่อหาปริมาณตะกอนสุทธิที่ได้หลังจากการตกตะกอนผลึกด้วยปูนขาว แสดงดังรูปที่ 5 พบว่าปริมาณตะกอนสุทธิจะลดลงและเมื่อความเข้มข้นของปูนขาวเพิ่มขึ้น จนถึงค่า พีเอช 11 เมื่อเพิ่มปริมาณปูนขาว จะไม่ทำให้ผลของปริมาณตะกอนเปลี่ยนแปลงมาก ซึ่งปริมาณตะกอนสุทธิที่ได้หลังจากการตกตะกอนผลึกของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต 50 ppm ปริมาตร 100 mL เท่ากับ 19.95 mg

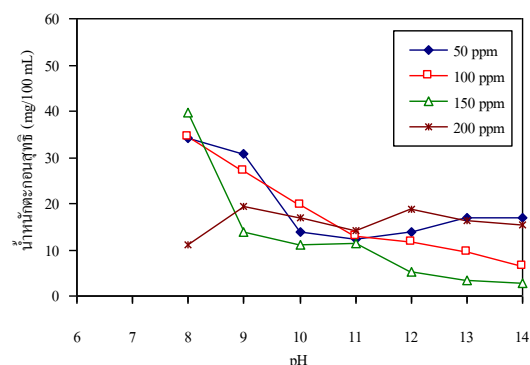


รูปที่ 5 ปริมาณตะกอนสุทธิที่ได้หลังจากการตกตะกอนผลึกด้วยปูนขาวกับค่า พีเอช ที่ความเข้มข้นซิลเวอร์ไนเตรตต่างๆ

4.2.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

จากการทดลองเพื่อหาปริมาณตะกอนสุทธิที่ได้หลังจากการตกตะกอนผลึกด้วยปูนขาว แสดงดังรูปที่ 6 พบว่าปริมาณตะกอนสุทธิจะลดลงและเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น จนถึงค่า พีเอช 11 เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะทำให้ผลของปริมาณตะกอนเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

โดยใช้ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.0460 g ใส่ลงในสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตที่มีความเข้มข้น 50 ppm ปริมาตร 100 mL เพื่อทำปรับพีเอชให้ได้เท่ากับ 13 จะได้ปริมาณตะกอนสุทธิ 17.0 mg



รูปที่ 6 ปริมาณตะกอนสุทธิที่ได้หลังจากการตกตะกอนผลึกด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์กับค่า พีเอช ที่ความเข้มข้นซิลเวอร์ไนเตรตต่างๆ

เนื่องจากการทดลองเพื่อหาน้ำหนักตะกอน ได้มีข้อจำกัดของเครื่องมือ ได้แก่ กระจาดกรอง ซึ่งหาได้ขนาดเล็กที่สุด เมื่อทำการกรองพบว่าตะกอนบางส่วนยังหลุดออกมาได้ ซึ่งอาจจะนำมาวิเคราะห์ในส่วนนี้มีผลที่ไม่ชัดเจน ดังนั้นในการวิเคราะห์ผลเรื่องการตกตะกอนผลึกทางเคมี ควรใช้ผลจากปริมาณซิลเวอร์ไอออนที่เหลืออยู่ในสารละลายหลังจากการตกตะกอน เพื่อหาสารตกตะกอน และปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสม ซึ่งจากการทดลองพบว่าในการตกตะกอนผลึกซิลเวอร์ไอออน ควรใช้ปูนขาวที่ปริมาณ 4.5798 g มาปรับ พีเอชในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นซิลเวอร์ไนเตรท 50 ppm (โดยมีปริมาณซิลเวอร์ไอออนเริ่มต้น 23.5 ppm) ให้ได้ พีเอช เท่ากับ 11 เพื่อได้ปริมาณซิลเวอร์ไอออนเหลืออยู่หลังจากตกตะกอน 1.04 ppm และ น้ำหนักตะกอนสุทธิ 19.05 mg ต่อน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mL

5. สรุปผลการทดลอง

ในการแยกซิลเวอร์ไอออนด้วยการตกตะกอนผลึกทางเคมี โดยใช้สารตกตะกอน ปูนขาว ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ซึ่งในการตกตะกอนผลึกซิลเวอร์ไอออน โดยใช้ปูนขาว 4.5798 g ความเข้มข้นของซิลเวอร์ไนเตรท (AgNO_3) มีค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 7 มาปรับพีเอชในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นซิลเวอร์ไนเตรท 50 ppm (โดยมีปริมาณซิลเวอร์ไอออนเริ่มต้น 23.5 ppm) ให้ได้พีเอชเท่ากับ 11 เพื่อได้ปริมาณซิลเวอร์ไอออนเหลืออยู่หลังจากตกตะกอน 1.04 ppm และ น้ำหนักตะกอนสุทธิ 19.05 mg และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.0460 g ปรับพีเอชของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท 50 ppm ให้ได้ พีเอช เท่ากับ 13 จะได้ปริมาณซิลเวอร์ไอออนเหลืออยู่หลังจาก

ตกตะกอน 1.0 ppm และ น้ำหนักตะกอนสุทธิ 17.0 mg ต่อน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mL

6. เอกสารอ้างอิง

- Can C. and Jianlong W. (2010). Removal of Heavy Metal Ions by Waste Biomass of *Saccharomyces Cerevisiae*, *Journal of Environmental Engineering*, Vol.136, No.1, 2010, pp.95-10.
- Rittmann B. E. (2010). Environmental Biotechnology in Water and Wastewater Treatment, *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 136, No.4, 2010, pp.348-353.
- Tao S., Simon J., W. H. John, and M. Sheila. (2006). Culture of skin cells in 3D rather than 2D improves their ability to survive exposure to cytotoxic agents, *Journal of Biotechnology*, Vol.122, No.3, 2006, pp.372-381.
- Yujing C., Yong G. Z., H. Yizhong, Q. Yi, and L. Jianzhong. (2005). Exposure to metal mixtures and human health impacts in a contaminated area in Nanning China, *Environmental International*, Vol.31, No.6, 2005, pp.784-790.