

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษາสามารถกำจัดปรอทในน้ำเสียให้มีค่าต่ำกว่า 0.005 มิลลิกรัม/ลิตร ได้ โดยการแยกสลายด้วยไฟฟ้าร่วมกับการตกตะกอนด้วยโซเดียมซัลไฟด์ ซึ่งสรุปได้เป็นข้อๆ ดังนี้

1. ขั้วไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการศึกษานี้ คือ ไททานเนียมเคลือบแพลทินัม เพราะสามารถทนกรดที่มีความเข้มข้นสูงมากได้ และไม่มีการละลายของโลหะออกมาปะปนกับสารละลาย ทำให้สามารถหาความเข้มข้นของปรอทในสารละลายด้วยวิธีการไตเตรตกับอิตีทีเอได้

2. การแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 0.5-4 โวลต์ มีความเข้มข้นของปรอทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ความต่างศักย์ 3 โวลต์ ทำให้ความเข้มข้นของปรอทในสารละลายต่ำที่สุด คือ 137 มิลลิกรัม/ลิตร และมีประสิทธิภาพในการกำจัดปรอทสูงสุด คือ 98.37% สามารถนำปรอทกลับคืนมาได้ 1.04 กรัม ค่อน้ำเสีย 125 มิลลิลิตร ประสิทธิภาพการนำปรอทกลับคืนสูงมากถึง 99.05%

3. การแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่เวลาในการทดลอง 1-5 ชั่วโมง มีความเข้มข้นของปรอทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เวลาในการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่เหมาะสมคือ 3 ชั่วโมง ทำให้ความเข้มข้นของปรอทในสารละลายต่ำที่สุด คือ 137 มิลลิกรัม/ลิตร และมีประสิทธิภาพในการกำจัดปรอท 98.35% สามารถนำปรอทกลับคืนมาได้ 1.04 กรัม ค่อน้ำเสีย 125 มิลลิลิตร ประสิทธิภาพการนำปรอทกลับคืนสูงมากถึง 99.05%

4. การแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่ความเข้มข้นของน้ำเสียต่างๆ เมื่อเจือจางน้ำเสียด้วยน้ำที่กำจัดอออนแล้ว ด้วยสัดส่วนของน้ำเสียค่อน้ำที่กำจัดอออนแล้วเป็น 1:2, 1:4, 1:6, 1:8 และ 1:10 มีความเข้มข้นของปรอทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ความเข้มข้นของน้ำเสียที่ใช้ในการแยก

สลายด้วยไฟฟ้าแล้วทำให้ความเข้มข้นของปรอทในสารละลายลดลงต่ำที่สุด อยู่ในช่วง 55-60 มิลลิกรัม/ลิตร คือ ความเข้มข้นของน้ำเสีย 1:6, 1:8 และ 1:10 ประสิทธิภาพในการกำจัดปรอทและปรอทที่ได้กลับคืนมาจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของน้ำเสียลดลง น้ำเสียที่ไม่ได้เจือจางจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดปรอทสูงสุด คือ 98.30%

5. ปริมาณสารมลทินของปรอทที่ได้จากการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 1.5-4 โวลต์ และเวลาในการทดลอง 1-5 ชั่วโมง มีนิกเกิลและทองแดงในปริมาณที่สูง ส่วนเหล็ก และตะกั่วจะมีปริมาณมากรองลงมา สำหรับโคบอลต์ แคดเมียม และแมงกานีส มีปริมาณค่อนข้างต่ำ

6. ปรอทที่ได้จากการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 1.5-4 โวลต์ มีความบริสุทธิ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและแตกต่างจากปรอทมาตรฐานทางทันตกรรม โดยมีความบริสุทธิ์ต่ำกว่าปรอทมาตรฐานทางทันตกรรม เมื่อความต่างศักย์เพิ่มขึ้นทำให้ความบริสุทธิ์ของปรอทลดลง ที่ความต่างศักย์ 1.5 โวลต์ มีความบริสุทธิ์ของปรอทมากที่สุด คือ 99.99891%

7. ปรอทที่ได้จากการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่เวลาในการทดลอง 1-5 ชั่วโมง มีความบริสุทธิ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และแตกต่างจากปรอทมาตรฐานทางทันตกรรม โดยมีความบริสุทธิ์ต่ำกว่าปรอทมาตรฐานทางทันตกรรม เมื่อเวลาในการทดลองเพิ่มขึ้นทำให้ความบริสุทธิ์ของปรอทลดลง จนกระทั่งเวลาในการทดลอง 3 กับ 4 ชั่วโมง และ 4 กับ 5 ชั่วโมง มีความบริสุทธิ์ไม่แตกต่างกัน เวลาในการทดลอง 1 ชั่วโมง มีความบริสุทธิ์ของปรอทมากที่สุด คือ 99.99875%

8. การแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 1.5-4 โวลต์ และเวลาในการทดลอง 1-5 ชั่วโมง ทำให้ได้โลหะปรอทที่มีความบริสุทธิ์มากกว่า 99.99% และทุกสภาวะทำให้ได้ปรอทที่มีความบริสุทธิ์ต่ำกว่าปรอทมาตรฐานทางทันตกรรม ดังนั้นปรอทที่ได้มานี้ไม่สามารถนำไปใช้ในงานทางด้านทันตกรรม

9. การตกตะกอนปรอทด้วยโซเดียมซัลไฟด์ ที่ระดับพีเอช 5 และ 6 มีความเข้มข้นของปรอทแตกต่างจากค่ามาตรฐานน้ำทิ้งอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ส่วนที่ระดับพีเอช 7, 8 และ 9 มีความเข้มข้นของปรอทไม่แตกต่างจากค่ามาตรฐานน้ำทิ้งคือเท่ากับ 0.005 มิลลิกรัม/ลิตร

10. การตกตะกอนปรอทด้วยโซเดียมซัลไฟด์ โดยใช้ปริมาณโซเดียมซัลไฟด์ 0.5 เท่า ของปริมาณที่คำนวณได้ตามทฤษฎี มีความเข้มข้นของปรอทแตกต่างจากค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง โดยมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ส่วนการใช้ปริมาณโซเดียมซัลไฟด์ 1, 2 และ 3 เท่า มีความเข้มข้นของปรอทไม่แตกต่างจากค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง คือเท่ากับ 0.005 มิลลิกรัม/ลิตร

11. สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอนปรอทด้วยโซเดียมซัลไฟด์ คือระดับพีเอช 8 และปริมาณโซเดียมซัลไฟด์ 1 เท่า ของปริมาณที่คำนวณได้ตามทฤษฎี

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถลดปริมาณปรอทในน้ำเสียให้มีค่าต่ำกว่า 0.005 มิลลิกรัม/ลิตร ได้ โดยใช้วิธีการแยกสลายด้วยไฟฟ้าร่วมกับการตกตะกอนด้วยโซเดียมซัลไฟด์ และยังสามารถแยกปรอทออกมาในรูปของโลหะปรอทที่มีความบริสุทธิ์สูงมากกว่า 99.99% นอกจากนี้ยังทำให้ตะกอนที่ได้จากการตกตะกอนมีปริมาณน้อยมาก

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการกำจัดปรอทออกจากน้ำเสียโดยการแยกสลายด้วยไฟฟ้าเหมาะสมสำหรับน้ำเสียที่มีปรอทปนเปื้อนอยู่สูง เพราะมีประสิทธิภาพในการกำจัดปรอทสูงกว่าน้ำเสียที่มีปรอทปนเปื้อนอยู่ปริมาณน้อย การนำวิธีนี้มาใช้เพื่อบำบัดน้ำเสีย ควรมีการเพิ่มจำนวนและขนาดของขั้วไฟฟ้า โดยให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างขั้วไฟฟ้ากับน้ำเสียมากที่สุด จะทำให้ปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยไฟฟ้าเกิดได้ดีขึ้น เพราะปฏิกิริยาของการรับและคายอิเล็กตรอนจะเกิดขึ้นที่ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้า และควรทำในระบบที่มีการหมุนเวียนของน้ำเสียเข้าและออก เพื่อให้ปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยไฟฟ้ามีอย่างต่อเนื่อง โดยให้น้ำเสียที่ต้องการบำบัดไหลผ่านเซลล์อิเล็กโตรไลต์เข้าและออกตามเวลาที่เหมาะสมสำหรับการแยกสลายด้วยไฟฟ้า อาจจะต่อท่อของน้ำเสียที่ได้ในแต่ละวันเข้าสู่เซลล์อิเล็กโตรไลต์โดยตรง น้ำเสียที่ได้จะมีปริมาณไม่มากนักจึงเหมาะสมสำหรับเซลล์อิเล็กโตรไลต์ขนาดเล็ก ปรอทที่ได้จากการแยกสลายด้วยไฟฟ้าสามารถแยกออกมาได้โดยง่าย ส่วนน้ำเสียที่ผ่านการแยกสลายด้วยไฟฟ้าแล้วจะไหลออกมารวมกัน ซึ่งจะต้องนำมาตกตะกอนด้วยโซเดียมซัลไฟด์

2. ปรอทที่ได้จากการแยกสลายด้วยไฟฟ้า มีความบริสุทธิ์ต่ำกว่าปรอทมาตรฐานทางทันตกรรม แต่ก็สามารถนำไปใช้ในงานทางด้านทันตกรรมได้ ซึ่งต้องนำไปทำให้มีความบริสุทธิ์สูงเพียงพอ โดยการล้างด้วยกรดไนตริกเจือจาง 6% น้ำหนัก/ปริมาตร หรือนำไปกลั่น

ในสภาวะสูญญากาศ 3 ครั้ง ด้วยเครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้นและพัฒนามาแล้วหลายขั้นตอน ซึ่งเป็นกรรมวิธีของนักพันธุศาสตร์ วานิชชีวะ (2540)

3. ในการแยกสลายด้วยไฟฟ้า โดยใช้ไททานเนียมเคลือบแพลทินัมเป็นขั้วไฟฟ้า อาจมีแพลทินัมละลายออกมาปะปนอยู่ในสารละลาย และอาจปะปนอยู่ในโลหะปรอทด้วย ดังนั้นในการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะมิลทินในปรอท ควรจะวิเคราะห์หาปริมาณของแพลทินัมด้วย

4 ในการตกตะกอน ควรใช้สารเคมีที่ช่วยให้ตะกอนจมตัว เพื่อให้การจมตัวของตะกอนเร็วขึ้น เป็นการลดระยะเวลาในการทดลอง

5. กากตะกอนที่เกิดขึ้น อาจจะไปทดสอบการชะละลาย เพื่อศึกษาเสถียรภาพของตะกอน ถ้าทดสอบแล้วปรอทไม่ละลายออกมา หรือละลายออกมาแล้วมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน จะสามารถส่งกากตะกอนนั้นไปฝัง โดยไม่ต้องทำลายฤทธิ์ เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำบัดกากตะกอนก่อนนำไปฝังได้

6. การแยกสลายด้วยไฟฟ้าร่วมกับการตกตะกอนด้วยโซเดียมซัลไฟด์ สามารถลดปริมาณปรอทในน้ำเสียให้มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งได้ แต่ในน้ำเสียยังมีตะกั่วและแคดเมียมที่มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง จึงต้องหาวิธีการกำจัดก่อนที่จะปล่อยน้ำทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อม

7. การทดลองนี้เป็นพื้นฐานในการกำจัดปรอทและนำปรอทกลับคืนมาในรูปโลหะปรอทที่มีความบริสุทธิ์สูง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการกำจัดโลหะชนิดอื่นๆ ได้ และควรนำไปทดลองในระดับที่ใหญ่ขึ้น เพื่อสามารถนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้จริง