การกำจัดปรอทออกจากน้ำเสียโดยการแยกสลายด้วยไฟฟ้า ร่วมกับการตกตะกอนด้วยโซเดียมซัลไฟด์

นางสาวศรุตยา ธีระพงศ์ไพบูลย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-332-126-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I19122107

REMOVAL OF MERCURY FROM WASTEWATER BY ELECTROLYSIS AND PRECIPITATION WITH SODIUM SULFIDE

MISS SARUTTAYA DHEERAPONGPAIBOON

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Environmental Science

Inter - Department of Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1998

ISBN 974-332-126-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกำจัดปรอทออกจากน้ำเสียโดยการแยกสลายด้วยไฟฟ้าร่วมกับการตกตะกอนด้วยโซเดียมซัลไฟด์
โดย	นางสาวศรุตยา ธีระพงศ์ไพบูลย์
สหสาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ชัชรี สุชาติล้ำพงศ์

.....

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ชัชรี สุชาติล้ำพงศ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. โสภณ เริงสำราญ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล)

ศรุตยา ธีระพงศ์ไพบูลย์ : การกำจัดปรอทออกจากน้ำเสียโดยการแยกสลายด้วยไฟฟ้าร่วมกับการตกตะกอนด้วยโซเดียมซัลไฟด์ (REMOVAL OF MERCURY FROM WASTEWATER BY ELECTROLYSIS AND PRECIPITATION WITH SODIUM SULFIDE) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. อมร เพชรสม, อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ทพญ. ชัชรี สุชาติล้ำพงศ์ ; 121 หน้า. ISBN 974-332-126-8.

ในการกำจัดปรอทออกจากน้ำเสียใช้วิธีการแยกสลายด้วยไฟฟ้าร่วมกับการตกตะกอนด้วยโซเดียมซัลไฟด์ โดยใช้การแยกสลายด้วยไฟฟ้าก่อน เพื่อนำปรอทกลับมาให้ได้มากที่สุด หลังจากนั้นจึงใช้สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ตกตะกอนปรอทส่วนที่เหลือในน้ำเสีย ปรอทที่ได้จากการแยกสลายด้วยไฟฟ้านำมาวิเคราะห์หาความบริสุทธิ์ โดยเปรียบเทียบกับปรอทมาตรฐานทางทันตกรรม จากการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่สภาวะต่างๆ ได้แก่ ความต่างศักย์ 0.5-4 โวลต์ เวลาในการทดลอง 1-5 ชั่วโมง และความเข้มข้นของน้ำเสีย เมื่อเจือจางน้ำเสียด้วยน้ำที่กำจัดอิออนแล้วด้วยสัดส่วนของน้ำเสียต่อน้ำที่กำจัดอิออนแล้วเป็น 1:2, 1:4, 1:6, 1:8 และ 1:10 พบว่าความต่างศักย์ 3 โวลต์ และเวลาในการทดลอง 3 ชั่วโมง ทำให้ความเข้มข้นของปรอทในสารละลายเริ่มต้น 8,385 มิลลิกรัม/ลิตร ลดลงเหลือ 137 มิลลิกรัม/ลิตร ในขณะเดียวกันความเข้มข้นของน้ำเสีย 1:6, 1:8 และ 1:10 ทำให้ความเข้มข้นของปรอทในสารละลายมีค่าต่ำที่สุดอยู่ในช่วง 55-60 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อนำน้ำเสียที่ผ่านการแยกสลายด้วยไฟฟ้ามาตกตะกอนด้วยโซเดียมซัลไฟด์ที่ระดับพีเอชและปริมาณโซเดียมซัลไฟด์ต่างๆ พบว่าระดับพีเอช 8 และปริมาณโซเดียมซัลไฟด์ 1 เท่า ของปริมาณที่คำนวณได้ตามทฤษฎี เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอนปรอท ทำให้ความเข้มข้นของปรอทในน้ำเสียเริ่มต้น 142 มิลลิกรัม/ลิตร ลดลงเหลือ 0.003 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง คือ 0.005 มิลลิกรัม/ลิตร

ปรอทที่ได้จากการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 3 โวลต์ และเวลาในการทดลอง 3 ชั่วโมง มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.99815 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีความบริสุทธิ์ต่ำกว่าปรอทมาตรฐานทางทันตกรรมคือร้อยละ 99.99905 โดยน้ำหนัก ดังนั้นการกำจัดปรอทโดยการแยกสลายด้วยไฟฟ้าร่วมกับการตกตะกอนด้วยโซเดียมซัลไฟด์ สามารถลดปริมาณปรอทในน้ำเสียให้มีค่าต่ำกว่า 0.005 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ปรอทที่ได้จากการแยกสลายด้วยไฟฟ้า ยังไม่สามารถนำมาใช้ในงานทางด้านทันตกรรมได้ ต้องนำไปผ่านกระบวนการทำให้ปรอทบริสุทธิ์ก่อน

ภาควิชา สหสาขา	ลายมือชื่อนิสิต ศรุตยา ธีระพงศ์ไพบูลย์
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2541	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

3971807523 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE
KEY WORD:
MERCURY / REMOVAL / ELECTROLYSIS / PRECIPITATION
SARUTTAYA DHEERAPONGPAIBOON : REMOVAL OF MERCURY FROM WASTEWATER BY ELECTROLYSIS AND PRECIPITATION WITH SODIUM SULFIDE. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. AMORN PETSOM, Ph. D. THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. CHATCHAREE SUCHATLAMPONG.
121 pp. ISBN 974-332-126-8.

Removal of mercury from wastewater using two methods ; electrolysis for maximum mercury removal, followed by precipitating with sodium sulfide for further removal. Purity of mercury by electrolysis was compared to dental standard mercury. Electrolysis at voltage of 0.5-4 volt, in 1-5 hours and the concentration of wastewater after diluting with deionized water (at ratio of wastewater : deionized water 1:2, 1:4, 1:6, 1:8 and 1:10) were conducted to find an optimal condition. The result showed that concentration of mercury in solution decreased from 8,385 mg/l to 137 mg/l at 3 volts in 3 hours. At the sametime, the concentration of mercury in solution was minimum in range 55-60 mg/l at 1:6, 1:8 and 1:10 of wastewater : deionized water. Following electrolysis, wastewater was precipitated with sodium sulfide at various pH conditions and sodium sulfide amounts. Experiments indicated that precipitation at pH 8 with a sodium sulfide amount equal to theoretical calculations produces optimum condition for precipitation. This condition can reduce mercury concentration from 142 mg/l to 0.003 mg/l, which is lower than that of the effluent standard of 0.005 mg/l.

Mercury removed by electrolysis using the voltage of 3 volts in 3 hours had a purity of 99.99815% by weight, which is lower than the mercury for dental application standard (99.99905% by weight). Removal of mercury from wastewater by electrolysis and precipitation with sodium sulfide can reduce mercury concentration to below a limit of 0.005 mg/l, however, mercury removed by electrolysis is not suitable for use directly in dental applications. It must be subjected for further purification process.

ภาควิชา INTERDEPARTMENT ลายมือชื่อนิสิต สรุตยา ธีระพงศ์ไพบูลย์

สาขาวิชา ENVIRONMENTAL SCIENCE ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 1998 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือและสนับสนุนจากผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม เป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความกรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ให้ความรู้ ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำตลอดจนให้คำปรึกษาและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์อย่างมากมาย และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ชัชรี สุชาติล้ำพงศ์ ที่ให้ความกรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ให้คำแนะนำ คำปรึกษา ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ ตลอดจนตรวจและแก้ไขรายละเอียดต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จสมบูรณ์ได้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. โสภณ เริงสำราญ และรองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล ที่กรุณาสละเวลาเพื่อเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูล และการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมูลนิธิชิน โสภณพนิช ที่ได้สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยส่วนหนึ่งในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และหน่วยวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ความอนุเคราะห์ และความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการวิจัยสำหรับการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่ๆ ทุกคน ตลอดจนเพื่อนๆ และน้องๆ ชาวสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมา จนกระทั่งสำเร็จการศึกษาครั้งนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญตาราง.....ฐ
สารบัญรูป.....ณ
คำย่อ.....ค
บทที่
1. บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา.....3
1.3 สมมติฐานการศึกษา.....3
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....4
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5
2.1 สมบัติของปรอท.....5
2.2 ประโยชน์ของปรอท.....5
2.3 ปรอทในสิ่งแวดล้อม.....6
2.4 ความเป็นพิษของปรอท.....7
2.4.1 ความเป็นพิษเฉียบพลัน.....8
2.4.2 ความเป็นพิษเรื้อรัง.....9
2.5 วิธีการกำจัดโลหะหนัก.....10
2.5.1 การตกตะกอนทางเคมี.....11
2.5.2 ออกซิเดชันและรีดักชัน.....12
2.5.3 การแลกเปลี่ยนประจุ.....13
2.5.4 อิเล็กโตรไลซิส.....13
2.5.5 การแยกด้วยไฟฟ้าและเยื่อกรอง.....14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.6 ออสโมซิสผันกลับ.....14
2.5.7 การดูดซับด้วยถ่าน.....14
2.6 การแยกสลายด้วยไฟฟ้า.....15
2.6.1 หลักการทำงานของการแยกสลายด้วยไฟฟ้า.....15
2.6.2 การประยุกต์ใช้วิธีการแยกสลายด้วยไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย....17
2.6.3 วัสดุที่ใช้ทำขั้วไฟฟ้า.....19
2.7 วิธีการตกตะกอน.....22
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....27
3. วิธีดำเนินการวิจัย.....33
3.1 รูปแบบและขั้นตอนการศึกษา.....33
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....34
3.2.1 เครื่องแก้ว.....34
3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์.....34
3.3 สารเคมีและวิธีการเตรียม.....35
3.4 วิธีการทดลอง.....39
3.4.1 การวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในน้ำเสียด้วยวิธีการไตเตรตกับอีดีทีเอ.....40
3.4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะด้วย AAS.....41
3.4.3 การหาปริมาณโลหะปรอท.....42
3.4.4 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดปรอทในน้ำเสียโดยการแยกสลายด้วยไฟฟ้า.....43
3.4.5 การหาความบริสุทธิ์ของปรอท.....44
3.4.6 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดปรอทในน้ำเสียโดยการตกตะกอนด้วยโซเดียมซัลไฟด์.....45
3.5 การวิเคราะห์ผลการวิจัย.....45

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4. ผลการวิจัยและวิจารณ์.....47
4.1 การหาปริมาณปรอทและโลหะต่างๆ ในน้ำเสีย.....47
4.2 การหาขั้วไฟฟ้าที่เหมาะสม.....49
4.3 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดปรอท
โดยการแยกสลายด้วยไฟฟ้า.....51
4.3.1 การหาความต่างศักย์ที่เหมาะสม.....51
4.3.2 การหาเวลาในการทดลองที่เหมาะสม.....54
4.3.3 การหาความเข้มข้นของน้ำเสียที่เหมาะสม.....56
4.4 การหาปริมาณและความบริสุทธิ์ของปรอท.....59
4.4.1 การหาปริมาณปรอท.....59
4.4.2 การหาความบริสุทธิ์ของปรอท.....61
4.5 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดปรอทโดยการตกตะกอน.....74
4.5.1 การหาพีเอชที่เหมาะสม.....75
4.5.2 การหาปริมาณโซเดียมซัลไฟด์ที่เหมาะสม.....78
4.5.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดปรอทโดยการตกตะกอน
ด้วยโซเดียมซัลไฟด์.....81
4.6 การหาปริมาณโลหะในน้ำเสียภายหลังตกตะกอน
ด้วยโซเดียมซัลไฟด์.....82
4.7 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการบำบัด.....83
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....86
5.1 สรุปผลการวิจัย.....86
5.2 ข้อเสนอแนะ.....88
รายการอ้างอิง.....90
ภาคผนวก.....94
ภาคผนวก ก เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....95

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ข ตารางผลการทดลอง.....98
ภาคผนวก ค ปริมาณโลหะมลทินและความบริสุทธิ์ในปรอท.....109
ภาคผนวก ง การคำนวณปริมาณโซเดียมซัลไฟด์.....116
ภาคผนวก จ การคำนวณค่าใช้จ่ายในการกำจัดปรอท.....117
ประวัติผู้เขียน.....121

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ค่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดมลสารออกจากน้ำเสีย ด้วยสารเคมีต่างๆ.....12

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบการตกตะกอนแบบต่างๆ.....26

ตารางที่ 4.1 ปริมาณปรอทและโลหะต่างๆ ในน้ำเสียเริ่มต้น.....48

ตารางที่ 4.2 ความเข้มข้นของปรอทในสารละลายและประสิทธิภาพในการกำจัดปรอทโดยการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่เวลาในการทดลอง 3 ชั่วโมง และความต่างศักย์ต่างๆ.....52

ตารางที่ 4.3 ความเข้มข้นของปรอทในสารละลายและประสิทธิภาพในการกำจัดปรอทโดยการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 3 โวลต์ และเวลาในการทดลองต่างๆ.....52

ตารางที่ 4.4 ความเข้มข้นของปรอทในสารละลายและประสิทธิภาพในการกำจัดปรอทโดยการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 3 โวลต์ เวลาในการทดลอง 3 ชั่วโมง และความเข้มข้นของน้ำเสียต่างๆ.....57

ตารางที่ 4.5 น้ำหนักปรอทที่ได้จากการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่เวลาในการทดลอง 3 ชั่วโมง ความต่างศักย์ต่างๆ และประสิทธิภาพการนำปรอทคืน.....60

ตารางที่ 4.6 น้ำหนักปรอทที่ได้จากการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 3 โวลต์ เวลาในการทดลองต่างๆ และประสิทธิภาพการนำปรอทกลับคืน.....61

ตารางที่ 4.7 น้ำหนักปรอทที่ได้จากการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 3 โวลต์ เวลาในการทดลอง 3 ชั่วโมง ความเข้มข้นของน้ำเสียต่างๆ และประสิทธิภาพการนำปรอทกลับคืน.....61

ตารางที่ 4.8 ปริมาณโลหะมลทินในปรอทจากการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ต่างๆ.....63

ตารางที่ 4.9 ความบริสุทธิ์ของปรอทจากการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ต่างๆ ซึ่งตรวจสารมลทินด้วย AAS.....66

ตารางที่ 4.10 ปริมาณโลหะมลทินในปรอทจากการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่เวลาในการทดลองต่างๆ.....69

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.11 ความบริสุทธิ์ของปรอทจากการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่เวลาในการทดลองต่างๆ ซึ่งตรวจสารมลทินด้วย AAS.....72

ตารางที่ 4.12 ความเข้มข้นของปรอทในสารละลายภายหลังการตกตะกอนด้วยโซเดียมซัลไฟด์เมื่อระดับพีเอชและโซเดียมซัลไฟด์ปริมาณต่างๆ.....75

ตารางที่ 4.13 ประสิทธิภาพการกำจัดปรอทโดยการตกตะกอนเมื่อระดับพีเอชและโซเดียมซัลไฟด์ปริมาณต่างๆ.....82

ตารางที่ 4.14 ปริมาณโลหะในน้ำเสียภายหลังตกตะกอนด้วยโซเดียมซัลไฟด์ 1 เท่าที่ระดับพีเอช 8.....83

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ความสามารถในการละลายของโลหะไฮดรอกไซด์.....23

รูปที่ 2.2 ความสามารถในการละลายของโลหะซัลไฟด์.....24

รูปที่ 4.1 ความเข้มข้นของปรอทในสารละลายภายหลังการแยกสลายด้วยไฟฟ้า ที่เวลาในการทดลอง 3 ชั่วโมง และความต่างศักย์ต่างๆ.....53

รูปที่ 4.2 ความเข้มข้นของปรอทในสารละลายภายหลังการแยกสลายด้วยไฟฟ้า ที่ความต่างศักย์ 3 โวลต์ และเวลาในการทดลองต่างๆ.....53

รูปที่ 4.3 ความเข้มข้นของปรอทในสารละลายภายหลังการแยกสลายด้วยไฟฟ้า ที่ความต่างศักย์ 3 โวลต์ เวลาในการทดลอง 3 ชั่วโมง และความเข้มข้นของน้ำเสียต่างๆ.....57

รูปที่ 4.4 ปริมาณโลหะมลทินทั้งหมดที่พบในปรอทภายหลังการแยกสลาย ด้วยไฟฟ้า ที่เวลาในการทดลอง 3 ชั่วโมง และความต่างศักย์ต่างๆ ซึ่งตรวจด้วย AAS.....67

รูปที่ 4.5 ความบริสุทธิ์ของปรอทที่ได้จากการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่เวลา ในการทดลอง 3 ชั่วโมง และความต่างศักย์ต่างๆ เปรียบเทียบกับปรอทมาตรฐานทางทันตกรรม.....67

รูปที่ 4.6 ปริมาณโลหะมลทินทั้งหมดที่พบในปรอทภายหลังการแยกสลาย ด้วยไฟฟ้า ที่ความต่างศักย์ 3 โวลต์ และเวลาในการทดลองต่างๆ ซึ่งตรวจด้วย AAS.....73

รูปที่ 4.7 ความบริสุทธิ์ของปรอทที่ได้จากการแยกสลายด้วยไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 3 โวลต์ และเวลาในการทดลองต่างๆ เปรียบเทียบกับ ปรอทมาตรฐานทางทันตกรรม.....73

รูปที่ 4.8 ความเข้มข้นของปรอทในสารละลายภายหลังการตกตะกอน ด้วยโซเดียมซัลไฟด์ที่ระดับพีเอชต่างๆ.....76

รูปที่ 4.9 ความเข้มข้นของปรอทในสารละลายภายหลังการตกตะกอน ด้วยโซเดียมซัลไฟด์ปริมาณต่างๆ.....76

คำย่อ

AAS = อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์
(Atomic Absorption Spectrophotometer)

AAS - Cold Vapor = อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ชนิดไร้เปลวไฟ
(Atomic Absorption Spectrophotometer - Cold Vapor Technique)