

ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 7 ว.

เรื่องที่ 1

การศึกษาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในน้ำบริโภค

โดย

นางจรสพร เสนะวัต

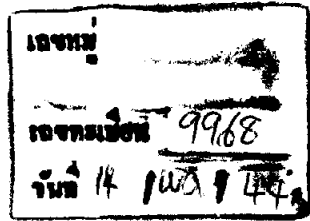
นักวิทยาศาสตร์ 6 ว.

กลุ่มงานอนินทรีย์เคมีวิเคราะห์ 2

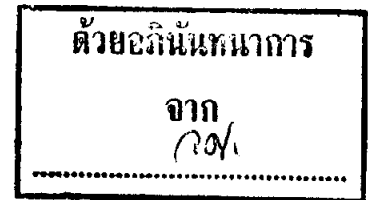
กองเคมี

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม



บทคัดย่อ



วิธีวิเคราะห์ปรอทตามมาตรฐานที่กำหนดใน Standard methods for the Examination of Water and Wastewater 18th ed. 1992 และ Annual book of ASTM standards vol. 11.01, 1996 เป็นวิธีที่สามารถวิเคราะห์ปรอทในตัวอย่างน้ำได้ทุกประเภท ทั้งน้ำสะอาดและน้ำทิ้ง จึงต้องมีการเตรียมตัวอย่างยุ่งยากหลายขั้นตอนและใช้สารเคมีหลายชนิด แต่น้ำบริโภคน้ำซึ่ง เป็นน้ำที่ผ่านกระบวนการกำจัดสารปนเปื้อนที่มีโทษต่อร่างกายแล้ว ทำให้มีสารปนเปื้อนใน น้ำเหล่านี้้น้อยมาก จึงทดลองใช้วิธีลดขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง และลดปริมาณสารเคมีใน การวิเคราะห์ลง พบว่าได้ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทเช่นเดียวกับวิธีมาตรฐาน เมื่อ วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำบริโภคจำนวน 24 ตัวอย่างไม่พบปรอททุกตัวอย่าง การทำ spiked sample ได้ %Recovery อยู่ในช่วง $\pm 20\%$ (80-120%)¹ และจากการเข้าร่วม โครงการทดสอบ ความชำนาญของห้องปฏิบัติการ ด้านวิเคราะห์ปรอทในน้ำ 2 โครงการคือ Waters proficiency testing sub-program 33-Mercury, Arsenic, Selenium Code No.391; Aug, 1997 ซึ่งจัดโดย NATA (National Association of Testing Authorities) Australia. และ Intercomparison run on Determination of Heavy Metals in Water; Feb, 1997 ซึ่งจัดโดยศูนย์ วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมร่วมกับ Japan Environmental Sanitation Center (JESC) และ The Environment Agency of Japan. ได้ผลเป็นที่ น่าพอใจ ทำให้ประหยัดเวลา สารเคมีและค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ลงอย่างมาก พร้อม กับลดปริมาณของเสียจากการวิเคราะห์ อันเป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมลงด้วย นอกจากนี้ได้ ศึกษาถึงผลกระทบของ chlorides และ copper ที่มีต่อการวิเคราะห์ปรอท พบว่าปริมาณ chlorides และ copper ที่ปนเปื้อนในน้ำต้องสูงมากถึงระดับ 3.3% และ 300 mg/L ตามลำดับ จึงจะส่งผลกระทบต่อผลการวิเคราะห์ปรอท ซึ่งมาตรฐานน้ำบริโภคกำหนดให้มี chlorides และ copper ได้ไม่เกิน 250 mg/L, 5.0 mg/L ตามลำดับ จึงไม่มีผลกระทบต่ออย่างใด

สารบัญ

	หน้า
1. คำนำ	1
- วัตถุประสงค์	5
- ประโยชน์ที่ได้รับ	5
- ระยะเวลาดำเนินการ	5
- วิธีดำเนินการ	6
2. เครื่องมือและสารเคมี	8
3. วิธีวิเคราะห์	10
4. ผลการศึกษาทดลอง	14
5. วิเคราะห์ผลการศึกษาทดลอง	21
6. สรุปผลการศึกษาทดลอง	23
7. กิตติกรรมประกาศ	25
8. เอกสารอ้างอิง	26
ภาคผนวก ก. ตารางแสดงข้อมูลดิบ	27
ภาคผนวก ข. รายละเอียดการเข้าร่วมโครงการทดสอบความชำนาญ ของห้องปฏิบัติการ	39

การศึกษาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในน้ำบริโภค

1. คำนำ

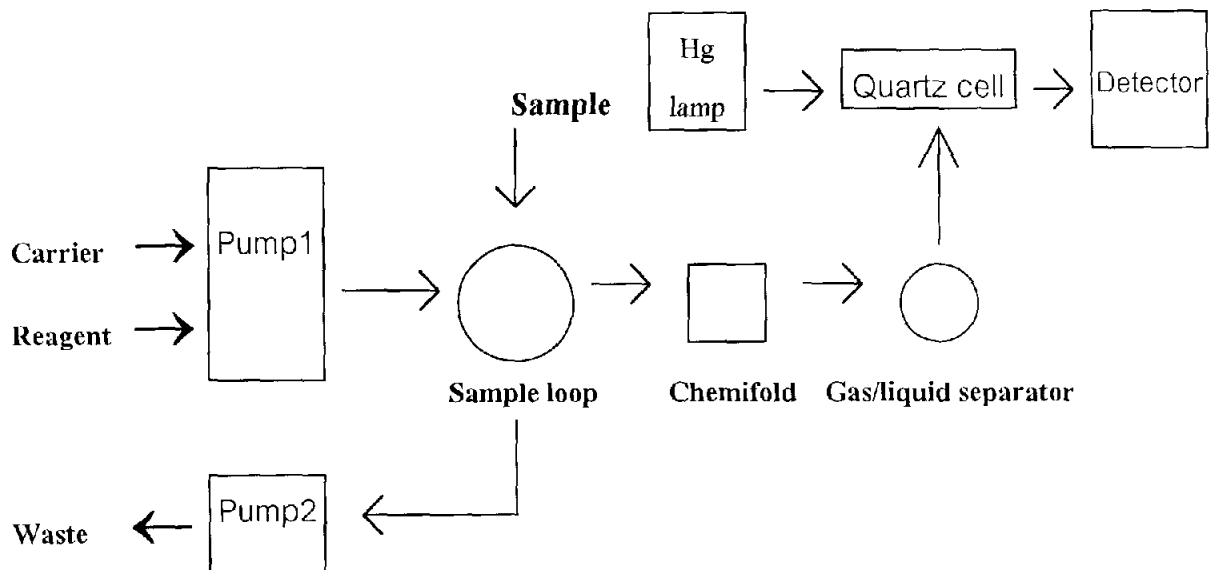
ปัจจุบัน ปรอทเจือปนเข้าสู่สิ่งแวดล้อมมากขึ้น เนื่องจากมีการใช้โลหะปรอทหรือสารประกอบของปรอทหลายชนิดทั้งในวงการเกษตรกรรม เช่น ใช้ในสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ใช้ป้องกันการถูกทำลายของเนื้อไม้และรั้วพืชมุขโดยเชื้อรา และในวงการอุตสาหกรรม เช่น ใช้ในการผลิตก๊าซคลอรีนและโซดาไฟ ใช้ในโรงงานกระดาษ พลาสติก เครื่องสำอาง การทำสี และบรรจุหลอดไฟ เป็นต้น ดังนั้นปรอทอาจจะละลายหรือถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำได้โดยง่าย ทำให้มีผลกระทบต่อแหล่งอาหารของพืชและสัตว์น้ำ ตลอดจนสิ่งมีชีวิตต่างๆรวมทั้งมนุษย์ด้วย

ปรอท (Mercury, Hg) เป็นธาตุอันดับที่ 40 ในตารางธาตุ มีน้ำหนักโมเลกุล 200.59 เป็นโลหะชนิดเดียวที่มีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ และสามารถระเหยกลายเป็นไอได้ง่าย สามารถทำปฏิกิริยากับโลหะเกือบทุกชนิดได้เป็น Alloy ที่เรียกว่า Amalgam ยกเว้นเหล็ก (Iron) และทองคำขาว (Platinum) ละลายได้ในกรดไนตริก (HNO_3) ทั้งที่เจือจางและเข้มข้น หรือในกรดซัลฟูริกเข้มข้น ($\text{conc. H}_2\text{SO}_4$) ที่มีอุณหภูมิสูง

ปรอทในสถานะโลหะ และสารประกอบอนินทรีย์ (Inorganic mercury) มีพิษน้อยถ้าได้รับโดยทางเดินอาหาร เนื่องจากถูกดูดซึมได้น้อย และสามารถขับออกจากร่างกายได้ง่าย แต่จะก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรงได้ถ้าสูดดมไอปรอทเข้าไป ซึ่งมีโอกาสน้อยมาก แต่ถ้าโลหะปรอท และ Inorganic mercury อยู่ในแหล่งน้ำอาจถูกจุลินทรีย์บางชนิดทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยจับปรอทกับสารประกอบอินทรีย์ตัวอื่น ในธรรมชาติ ให้กลายเป็นสารประกอบอินทรีย์ของปรอท (Organic mercury) เช่น methyl mercury หรือ ethyl mercury ซึ่งละลายน้ำได้ดีมาก และถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายโดยทางเดินอาหารได้สูงถึง 95-98% ปรอทนี้จะจับกับเม็ดโลหิตแดงทำให้กระจายไปสู่ทุกส่วนของร่างกาย ส่งผลให้เกิดการเสียหายต่อระบบประสาท ระบบเอนไซม์ โครโมโซมและอวัยวะอื่นๆเช่น ตับ ไต หัวใจ ฯลฯ นอกจากนี้ปรอทประมาณ 15%จะถูกสะสมในสมองได้ ที่สำคัญคือ organic mercury เป็นสารเสถียร ไม่แตกตัวเป็น inorganic mercury จึงขับออกจากร่างกายในรูปของเสียได้น้อยมาก

ดังนั้นข้อกำหนดที่เกี่ยวกับปรอทในน้ำบริโภคจึงยอมให้มีปรอทในปริมาณที่น้อยมากๆ เช่น มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค(มอก.257-2521) ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.)ยอมให้มีปรอทได้ไม่เกิน 1.0 ส่วนในพันล้านส่วน ($\mu\text{g/L}$, ppb) และมาตรฐานน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 61 (พศ.2524) และฉบับที่ 135 (พศ.2534) ของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ยอมให้มีปรอทได้ไม่เกิน 1.0 $\mu\text{g/L}$ เช่นกัน

วิธีวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณน้อยๆ (Trace mercury) นิยมใช้เทคนิค Cold-vapor atomic absorption spectroscopy เนื่องจากสามารถแยกปรอทที่ต้องการวิเคราะห์ออกจาก matrix ได้ โดยการ reduce ปรอทด้วย stannous chloride (SnCl_2) หรือ sodium borohydride (NaBH_4) ให้อยู่ในรูปอะตอมปรอทอิสระ (Hg-atom) ในสถานะพื้น (ground state) แล้วใช้ก๊าซเฉื่อย (inert gas) เช่น ไนโตรเจนหรืออาร์กอนพาเข้าสู่ quartz cell ซึ่งอยู่ในแนวเดียวกับแหล่งกำเนิดแสง (light source) ที่มีความยาวคลื่น 253.7 nm แล้ววัดการดูดกลืนแสง (Absorbance) ของปรอทในสารตัวอย่างเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานปรอท ดังรูป



โดยวิธีที่กำหนดใน Standard methods for the Examination of Water and Wastewater 18th ed. 1992.² และ Annual book of ASTM standards vol.11.01,1996.¹ เป็นวิธีที่สามารถใช้วิเคราะห์ปรอทได้ทุกสถานะ(Total mercury) คือทั้งโลหะปรอท organic mercury และ inorganic mercury ในช่วง 0.2-10.0 µg/L ที่อยู่ในตัวอย่างน้ำประเภทต่างๆ ทั้งที่มีสภาพดี เช่น น้ำดื่ม น้ำบาดาล น้ำผ่านกรรมวิธี และน้ำที่มีสารปนเปื้อนมาก เช่นน้ำทะเล น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารบ้านเรือนได้ จึงต้องมีการเตรียมตัวอย่างหลายขั้นตอนและใช้สารเคมีหลายชนิด โดยใช้ conc. HNO₃ และ conc.H₂SO₄ย่อยสลายสารประกอบปรอทที่อุณหภูมิ 95°C เพื่อกำจัดสารปนเปื้อนต่างๆ และเพื่อดึงปรอทที่อยู่ในสถานะ organic mercury ออกมาให้อยู่ในสถานะโลหะปรอทเพื่อให้ง่ายต่อการถูก oxidize แล้ว oxidize ปรอทให้อยู่ในรูป mercuric ions (Hg²⁺) โดยใช้สาร oxidize 2 ชนิด คือ potassium permanganate และ potassium persulphate หลังการย่อยสลายและ oxidize แล้วต้องใช้ sodium chloride-hydroxylamine hydrochloride กำจัดปริมาณ potassium permanganate ที่เหลืออยู่ จากนั้นเปลี่ยน Hg²⁺ ให้เป็น Hg⁰ โดย reduce ด้วย stannous sulphate หรือ stannous chloride แล้วหาปริมาณ Hg⁰(vapor) โดยวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 253.7 nm. ด้วยเครื่อง Cold-vapor atomic absorption spectrometer

โดยส่วนใหญ่ตัวอย่างน้ำบริโภคน้ำ มักผ่านกรรมวิธีกำจัดสารปนเปื้อนที่มีโทษต่อร่างกายแล้ว ดังนั้นการเตรียมตัวอย่างที่ยุ่งยาก และใช้สารเคมีจำนวนมาก อาจทำให้สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายเกินความจำเป็น จึงทดลองศึกษาวิธีวิเคราะห์ปรอทอีก 2 วิธี ซึ่งมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง และการใช้สารเคมีน้อย เพื่อดูประสิทธิภาพและความเหมาะสมของวิธีวิเคราะห์ปรอท ดังนี้

- วิธีตาม Automated Cold Vapor Determination of Mercury : EPA Stannous Chloride Methodology., Varian Instruments at work. 1985.³ ซึ่งมีหลักการวิเคราะห์ คือใช้วิเคราะห์ปรอทที่อยู่ในสถานะโลหะปรอท และ inorganic mercury ที่มีช่วงความเข้มข้น 0.2-10.0 µg/L โดยใช้ potassium dichromate เพื่อ oxidize ปรอทให้อยู่ในสถานะ mercuric ions(Hg²⁺) และป้องกันการสูญเสียปรอท (Stabilize)ด้วย เนื่องจากปรอทเป็นสารที่ระเหยและถูกดูดซับ (Adsorb) โดยผนังภาชนะได้ง่าย จากนั้นเปลี่ยน Hg²⁺ ให้เป็น Hg⁰โดย reduce

ด้วย stannous chloride แล้วหาปริมาณ Hg^0 (vapor) โดยวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 253.7 nm. ด้วยเครื่อง Cold-vapor atomic absorption spectrometer

-วิธีตาม Flow Injection Mercury / Hydride Analyses, Recommended

Analytical Conditions and General Information., The Perkin-Elmer Corporation, 1994.⁴ ซึ่งมีหลักการวิเคราะห์ คือใช้วิเคราะห์ปรอทที่อยู่ในสถานะโลหะปรอท และ inorganic mercury ที่มีช่วงความเข้มข้น 0.2-10.0 $\mu g/L$ โดยใช้ conc. HCl และ potassium permanganate เพื่อ oxidize ปรอทให้อยู่ในสถานะ mercuric ions (Hg^{2+}) และป้องกันการสูญเสียปรอท (Stabilize) ด้วย เนื่องจากปรอทเป็นสารที่ระเหย และถูกดูดซับ (Adsorb) โดยผนังภาชนะได้ง่าย จากนั้นเปลี่ยน Hg^{2+} ให้เป็น Hg^0 โดย reduce ด้วย stannous chloride แล้วหาปริมาณ Hg^0 (vapor) โดยวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 253.7 nm. ด้วยเครื่อง Cold-vapor atomic absorption spectrometer

การศึกษาวิธีวิเคราะห์ปรอททั้ง 2 วิธีนี้ เปรียบเทียบกับวิธีที่กำหนดใน Standard methods for the Examination of Water and Wastewater 18th ed. 1992. เพื่อหาวิธีที่มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับวิธีมาตรฐาน และเป็นวิธีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปรอทในน้ำบริโภค ซึ่งนอกจากมีผลทำให้ลดขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง และสารเคมีที่ใช้ลงแล้ว การใช้สารเคมีจำนวนมากในการวิเคราะห์สารที่ปริมาณน้อย (Trace elements) อาจทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนต่อผลการวิเคราะห์ และทำให้มีสารเคมีที่เป็นของเสียจากการวิเคราะห์มากโดยไม่จำเป็น ดังนั้นการศึกษาวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสม สำหรับการหาปรอทปริมาณน้อยมากในตัวอย่างน้ำบริโภคจึงมีความจำเป็น เพื่อลดเวลา ค่าใช้จ่าย และปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นลง

- วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาหาวิธีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณน้อยในน้ำบริโภคน้ำ

- ประโยชน์ที่ได้รับ

- ได้วิธีวิเคราะห์ปรอทที่เหมาะสม ซึ่งทำให้ประหยัดเวลา ค่าใช้จ่าย และสารเคมีในการวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณน้อยในตัวอย่างน้ำที่มีสารปนเปื้อนน้อย
- ได้วิธีวิเคราะห์ปรอทที่ลดปริมาณของเสียอันเป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม
- ทำให้ทราบถึงปริมาณปรอทที่มีในน้ำบริโภคน้ำ
- ทำให้ทราบถึงผลกระทบของสารปนเปื้อนในน้ำบริโภคน้ำที่มีต่อวิธีวิเคราะห์
- ทำให้ทราบถึงผลกระทบของ chlorides และ copper ที่มีต่อวิธีวิเคราะห์
- ได้วิธีวิเคราะห์ปรอทที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการทำมาตรฐานวิธีการวิเคราะห์ เพื่อรองรับรองความสามารถของห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน มอก.1300-2537 (ISO/IEC Guide 25-1990) ว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ และห้องปฏิบัติการทดสอบ.

- ระยะเวลาดำเนินการ

ตุลาคม 2539 - กุมภาพันธ์ 2541

- วิธีดำเนินการ

ขั้นตอนที่ 1 เลือกวิธีวิเคราะห์ปรอทที่เหมาะสม โดยศึกษาประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์ปรอท 3 วิธี คือ

วิธีที่ 1 วิธีวิเคราะห์ปรอทตาม Standard methods for the Examination of Water and Wastewater 18th ed. 1992² ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน

วิธีที่ 2 วิธีวิเคราะห์ปรอทตาม Automated Cold Vapor Determination of Mercury : EPA Stannous Chloride Methodology., Varian Instruments at work.³

วิธีที่ 3 วิธีวิเคราะห์ปรอทตาม Flow Injection Mercury/Hydride Analyses, Recommended Analytical Conditions and General Information., The Perkin-Elmer Corporation. 1994.

ใช้วิธีวิเคราะห์ปรอททั้ง 3 วิธีทดลองวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานปรอท เพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีทั้ง 3 ในด้าน

1. Linearity ของกราฟมาตรฐาน ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกับค่าการดูดกลืนแสง และรายงานความสัมพันธ์นี้ในรูป correlation coefficient โดย Linearity ที่ดีที่สุดต้องมีค่า correlation coefficient = 1 หรือไม่น้อยกว่า 0.995

2. ความไวของวิธี (Sensitivity) คือความเข้มข้นของสารละลาย ที่ทำให้สัญญาณของการดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงไป 1% หรือ 0.0044 absorbance unit²

3. ขีดความสามารถของวิธีวิเคราะห์ (Detection limit) คือความเข้มข้นของสารละลายที่น้อยที่สุดที่สามารถให้ สัญญาณที่แตกต่างจากสัญญาณรบกวน (Noise) และสภาพพื้นของ สัญญาณ (Background)

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์ปรอทที่เลือกได้ เมื่อมีผลกระทบจากสารปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำบริโภคน้ำ ดังนี้

1. ใช้วิธีวิเคราะห์ปรอทที่เลือกได้วิเคราะห์ปรอทในตัวอย่างน้ำบริโภคน้ำ เปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน

2. ทำ spiked sample คือการเติมสารละลายมาตรฐานที่รู้ความเข้มข้น ในปริมาณที่แน่นอนลงในตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ และทำการวิเคราะห์ตามวิธีที่เลือกได้ ซึ่ง

ผลการวิเคราะห์ที่ได้ต้องเท่ากับความเข้มข้นของตัวอย่างรวมกับสารละลายมาตรฐานที่เติมลงไป โดยแสดงในรูป %Recovery¹

$$\% \text{ Recovery} = 100 [X - BV / (V + v)] / T$$

X = ความเข้มข้นรวมของปรอทในตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานที่เติมลงไป

B = ความเข้มข้นของปรอทในตัวอย่าง

T = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เติมลงไป

V = ปริมาตรของตัวอย่าง

v = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน

การวิเคราะห์ปรอทในตัวอย่างน้ำบริโภคน้ำ และการทำ spiked sample โดยวิธีวิเคราะห์ปรอทที่เลือกได้ จะทำให้ทราบถึง

- ผลกระทบของสารปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำบริโภคน้ำที่มีต่อวิธีวิเคราะห์
- ปริมาณปรอทที่มีในตัวอย่างน้ำบริโภคน้ำ
- ความสามารถของวิธีวิเคราะห์ปรอท เมื่อถูกรบกวนโดยสารปนเปื้อน

เปื้อนในตัวอย่าง

หมายเหตุ การวิเคราะห์ปรอทในตัวอย่างน้ำต้องมีการเก็บรักษาตัวอย่าง (Preservation) โดยเติม Potassium dichromate เพื่อป้องกันการสูญเสียปรอท เนื่องจากปรอทเป็นโลหะที่สามารถระเหยกลายเป็นไอ และถูกดูดซับโดยภาชนะที่ใส่ตัวอย่างได้ง่าย

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์สารละลายมาตรฐานปรอทความเข้มข้น 1.0 µg/L และ 2.0 µg/L ที่มี chlorides และ copper ปนเปื้อนในปริมาณต่างๆ เพื่อดูความแปรปรวนของผลการวิเคราะห์

2. เครื่องมือและสารเคมี

2.1 เครื่องมือ

2.1.1 เครื่อง Cold-vapor atomic absorption spectrometer (Perkin Elmer รุ่น Flow Injection Mercury System; FIMS 400) พร้อมอุปกรณ์

2.1.2 Shaker bath

2.1.3 เครื่อง Deionizer (Barnstead รุ่น E-pure)

2.1.4 เครื่อง Ultrasonic cleaner (Branson Co,Ltd.)

2.1.5 เครื่องชั่ง

2.1.6 ก๊าซไนโตรเจน (OFN)

2.1.7 เครื่องแก้ว

2.2 สารเคมีและสารละลายที่ใช้

2.2.1 น้ำ D.I. (Deionized water)

เตรียมโดยนำน้ำกลั่นผ่านเครื่อง Deionizer เพื่อกำจัด Anion และ

Cation

2.2.2 สารละลายมาตรฐานปรอท

- Stock solution 1000 mg/L Hg
- Working solution

เจือจาง Stock solution ด้วย 1% HNO_3 จนมีความเข้มข้น 0.6, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ โดยเตรียมใหม่ทุกครั้ง

2.2.3 Nitric acid, conc.(Conc. HNO_3)

2.2.4 Sulphuric acid, conc.(Conc. H_2SO_4)

2.2.5 Hydrochloric acid, conc.(Conc.HCl)

2.2.6 3% Hydrochloric acid(3%HCl)

2.2.7 20% Hydrochloric acid(20% HCl)

2.2.8 5% Potassium permanganate solution (5% KMnO_4)

2.2.9 5% Potassium persulphate solution (5% $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$)

2.2.10 Sodium chloride-hydroxylamine hydrochloride solution [(NaCl-NH₂OH)₂HCl]

ละลาย NaCl 120 g และ (NH₂OH)₂HCl 120 g ด้วยน้ำ D.I. เล็กน้อย ใน volumetric flask ขนาด 1000 ml เติมน้ำ D.I. จนถึงขีดบอกระดับปริมาตร

2.2.11 1.1% Stannous chloride solution (SnCl₂) ใน 3% HCl

ละลาย SnCl₂ 11 g ด้วย 3% HCl เล็กน้อย ใน Volumetric flask ขนาด 1000 ml เติมน้ำ 3% HCl จนถึงขีดบอกระดับปริมาตร

2.2.12 25% Stannous chloride solution (SnCl₂) ใน 20% HCl

ละลาย SnCl₂ 250 g ด้วย 20% HCl เล็กน้อย ใน Volumetric flask ขนาด 1000 ml เติมน้ำ 20% HCl จนถึงขีดบอกระดับปริมาตร

2.2.13 20% Potassium dichromate solution (K₂Cr₂O₇) ใน 50% HNO₃

ละลาย K₂Cr₂O₇ 20g ด้วย 1:1 HNO₃ เล็กน้อย ใน Volumetric flask ขนาด 100 ml เติมน้ำ 1:1 HNO₃ จนถึงขีดบอกระดับปริมาตร

2.2.14 10% Chloride solution

ละลาย NaCl 164.8 g ด้วย น้ำ D.I. เล็กน้อย ใน Volumetric flask ขนาด 1000 ml เติมน้ำ DI. water จนถึงขีดบอกระดับปริมาตร

2.2.15 Standard copper 1000 mg/L

3. วิธีวิเคราะห์

3.1 วิเคราะห์สารละลายมาตรฐานปรอท เพื่อสร้างกราฟมาตรฐาน โดยวิธีที่ 1

- ปิเปตสารละลายมาตรฐานปรอทความเข้มข้น 0.0, 0.6, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0 $\mu\text{g/L}$ ปริมาณ 100 ml ใส่ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 250 ml.
- เติม conc. H_2SO_4 5 ml. และ conc. HNO_3 2.5 ml.
- เติม 5% Potassium permanganate solution 15 ml. ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที
- เติม 5% Potassium persulphate solution 8 ml. แล้วนำไปตั้งใน water bath ที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
- ปลอຍให้สารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง
- เติม Sodium chloride-hydroxylamine hydrochloride solution ลงไปจนสารละลายไม่มีสีม่วง
- นำสารละลายที่เตรียมได้นี้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้เครื่อง Flow Injection Mercury System และปฏิบัติตามข้อกำหนดของคู่มือการใช้เครื่อง ซึ่งมี parameters ดังนี้

Wavelength	253.7 nm
Measurement	Peak height
Sample volume	500 μl
Reductant	1.1% Stannous chloride solution ใน 3% HCl
Carrier	3% HCl

3.2 วิเคราะห์สารละลายมาตรฐานปรอท เพื่อสร้างกราฟมาตรฐาน โดยวิธีที่ 2

- ปิเปตสารละลายมาตรฐานปรอทความเข้มข้น 0.0, 0.6, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0 $\mu\text{g/L}$ ปริมาณ 100 ml ใน volumetric flask
- เติม 20% Potassium dichromate solution ใน 50% HNO_3 0.2 ml
- นำสารละลายที่เตรียมได้นี้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้เครื่อง Flow Injection Mercury System และปฏิบัติตามข้อกำหนดของคู่มือการใช้เครื่อง ซึ่งมี parameters ดังนี้

Wavelength	253.7 nm
Measurement	Peak height
Sample volume	500 µl
Reductant	25% Stannous chloride solution ใน 20% HCl
Carrier	20% HCl

3.3 วิเคราะห์สารละลายมาตรฐานปรอท เพื่อสร้างกราฟมาตรฐานโดยวิธีที่3

- ปิเปตสารละลายมาตรฐานปรอทความเข้มข้น 0.0, 0.6, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0 µg/L ปริมาณ 100 ml ใน volumetric flask
- ใส่ Conc.HCl 1 ml และ 5% Potassium permanganate solution 0.1 ml
- นำสารละลายที่เตรียมได้นี้ไปวัดการดูดกลืนแสง โดยใช้เครื่อง Flow Injection Mercury System และปฏิบัติตามข้อกำหนดของคู่มือการใช้เครื่อง ซึ่งมี parameters ดังนี้

Wavelength	253.7 nm
Measurement	Peak height
Sample volume	500 µl
Reductant	1.1%Stannous chloride solution ใน3% HCl
Carrier	3% HCl

3.4 การหาค่าความไวของวิธี (Sensitivity)

- วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแบลนด์ (blank) 5 ครั้ง
- วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานปรอทที่ความเข้มข้น 10 µg/L 5 ครั้ง
- คำนวณค่าความไวของวิธี จากสูตร

$$\text{Sensitivity } (\mu\text{g/L}) = C \times 0.0044 / \bar{X}$$

C = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานปรอท, µg/L

\bar{X} = ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของสารละลายมาตรฐาน - ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของสารละลายเบงค์

3.5 การหาค่าขีดความสามารถของวิธีวิเคราะห์ (Detection limit)

- วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายเบงค์
- วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 1.0 $\mu\text{g/L}$
- วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายเบงค์
- วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 2.0 $\mu\text{g/L}$
- ทำซ้ำทั้ง 4 ขั้นตอนตามลำดับ จำนวน 10 ครั้ง
- หาค่าเฉลี่ยของค่าดูดกลืนแสงของสารละลายเบงค์ที่วัดก่อนและหลังการวัดสารละลายมาตรฐานแต่ละครั้ง
- หาค่าเฉลี่ยของค่าดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานที่หักลบค่าเฉลี่ยของค่าดูดกลืนแสงของสารละลายเบงค์แล้ว ทั้ง 2 ความเข้มข้น
- หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD.) ของสารละลายมาตรฐานทั้ง 2 ความเข้มข้น
- คำนวณค่าขีดความสามารถของวิธีวิเคราะห์ของสารละลายมาตรฐานทั้ง 2 ความเข้มข้น ที่ความเชื่อมั่น 99% (99% Confidence level) จากสูตร

$$\text{Detection limit} = C \times 3SD / \bar{X}$$

C = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานปรอท, $\mu\text{g/L}$

SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของการวัดค่าการดูดกลืนแสง

\bar{X} = ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของสารละลายมาตรฐาน - ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของสารละลายเบงค์

- หาค่าเฉลี่ยของขีดความสามารถของวิธีวิเคราะห์

3.6 วิเคราะห์ปรอทในตัวอย่างน้ำบริโภค โดยวิธีที่ 1 และวิธีที่ 3

- เติม 20% Potassium dichromate solution ใน 50% HNO₃ 2 ml ในตัวอย่างน้ำ 1000 ml.
- ถ้าไม่วิเคราะห์ทันที ให้เก็บไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 4°C ได้นาน 5 สัปดาห์
- นำตัวอย่างน้ำ 100 ml มาวิเคราะห์ปรอทโดยวิธีที่ 1 และวิธีที่ 3

3.7 ทำ spiked sample

- นำตัวอย่างน้ำมา 100 ml ใส่ใน Volumetric flask
- เติมสารละลายมาตรฐานปรอทที่มีความเข้มข้น 10 µg/L ปริมาณ 10 ml
- นำไปวิเคราะห์ปรอทโดยวิธีที่ 3
- คำนวณ %Recovery¹ จากสูตร

$$\% \text{ Recovery} = 100 [X - BV / (V + v)] / T$$

X = ความเข้มข้นรวมของปรอทในตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานที่เติมลงไป, µg/L

B = ความเข้มข้นของปรอทในตัวอย่าง, µg/L

T = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เติมลงไป, µg/L

V = ปริมาตรของตัวอย่าง, ml

v = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน, ml

หมายเหตุ สูตร % Recovery อยู่ในเอกสารอ้างอิงฉบับที่ 1 หน้า 27

3.8 วิเคราะห์สารละลายมาตรฐานปรอทที่มี chlorides ในปริมาณต่างๆ

- ปิเปิดสารละลายมาตรฐานปรอทความเข้มข้น 1.0, 2.0 µg/L ปริมาณ 100 ml
- เติม 10% Chloride solution ลงในสารละลายมาตรฐานปรอท โดยให้มีความเข้มข้นในช่วง 0.01-9.9% (w/v) แล้ววิเคราะห์ปรอทโดยวิธีที่ 3

3.9 วิเคราะห์สารละลายมาตรฐานปรอทที่มี copper ในปริมาณต่างๆ

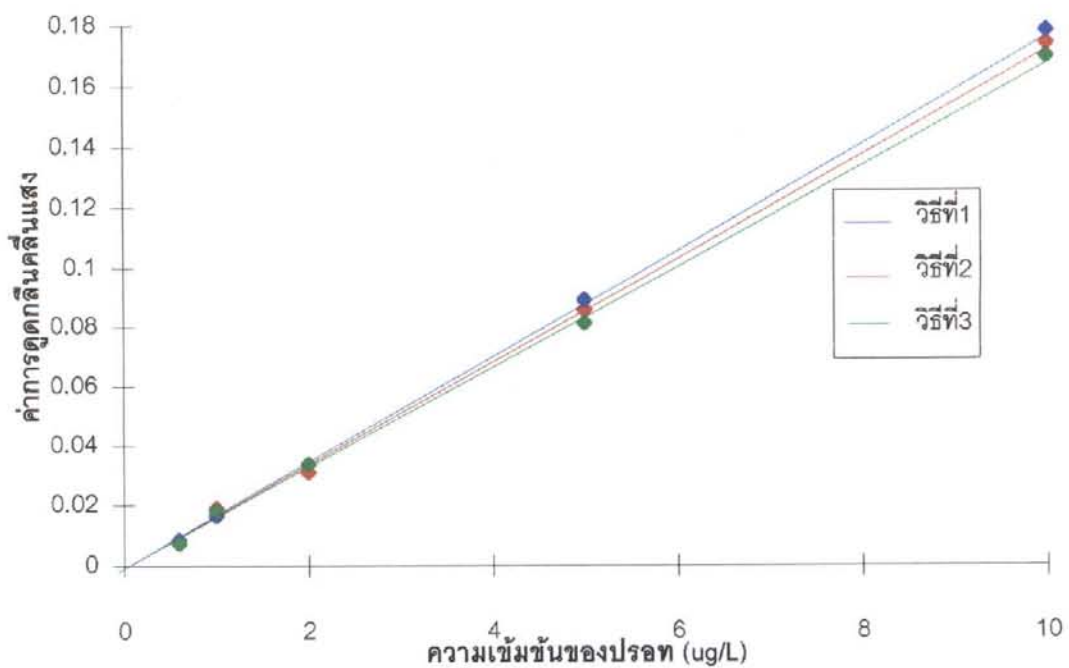
- ปิเปิดสารละลายมาตรฐานปรอทความเข้มข้น 1.0, 2.0 µg/L ปริมาณ 100 ml
- เติม Standard copper 1000 mg/L ลงในสารละลายมาตรฐานปรอท โดยให้มีความเข้มข้นในช่วง 10.0-999.0 mg/L แล้ววิเคราะห์ปรอทโดยวิธีที่ 3

4. ผลการศึกษาทดลอง

4.1 จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานปรอท โดยใช้วิธีวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธี แล้วนำมาสร้างกราฟมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 1 จะเห็นว่ากราฟทั้ง 3 มีลักษณะและความชันใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 1 แสดงค่าความเข้มข้นเปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานปรอท

ความเข้มข้นของ สารละลายมาตรฐานปรอท ($\mu\text{g/L}$)	ค่าการดูดกลืนแสง		
	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3
0.6	0.0084	0.0084	0.0072
1.0	0.0187	0.0163	0.0178
2.0	0.0309	0.0366	0.0336
5.0	0.0933	0.0893	0.0914
10.0	0.1743	0.1785	0.1699



รูปที่ 1

และทั้ง 3 วิธี ได้ค่า Correlation coefficient ไม่น้อยกว่า 0.995 ดังตารางที่ 2

4.2 ค่าความไว และขีดความสามารถของวิธีวิเคราะห์ที่ความเชื่อมั่น 99% (99% Confidence level) ของทั้ง 3 วิธี ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่า Correlation coefficient (R) ความไว และขีดความสามารถของวิธี

วิธีที่	Correlation coefficient	ความไวของวิธี($\mu\text{g/L}$)	ขีดความสามารถของวิธี($\mu\text{g/L}$)
1	0.99733	0.26	0.29
2	0.99863	0.25	0.32
3	0.99673	0.26	0.27

หมายเหตุ ข้อมูลดิบของความไวและขีดความสามารถของวิธีวิเคราะห์ที่อยู่ในตารางที่ 1-4 ในภาคผนวก ก

4.3 จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำบริโภค โดยวิธีที่ 1 และวิธีที่ 3 จำนวน 24 ตัวอย่างดังนี้ น้ำผ่านเครื่องกรองจำนวน 7 ตัวอย่าง น้ำผ่านเครื่อง Reverse osmosis จำนวน 1 ตัวอย่าง น้ำจากโรงกรองน้ำจำนวน 1 ตัวอย่าง น้ำประปาจำนวน 4 ตัวอย่าง น้ำดื่มจำนวน 10 ตัวอย่าง และน้ำฝนจำนวน 1 ตัวอย่าง ไม่พบปรอททุกตัวอย่าง ดังตารางที่ 5-6 ในภาคผนวก ก

4.4 จากการเข้าร่วมโครงการทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการในโปรแกรมที่ 33 (Water proficiency testing sub-program 33-Mercury, Arsenic, Selenium Code No.391; Aug,1997) จัดโดย NATA (National Association of Testing Authorities) Australia. ใช้วิธีวิเคราะห์วิธีที่ 1 ได้ผลการวิเคราะห์ ผลการเปรียบเทียบระหว่างห้องปฏิบัติการทั้งหมดจำนวน 102 ห้องปฏิบัติการ และผลการวิเคราะห์โดยวิธี 3 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการเข้าร่วม โครงการทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการ ใน
โปรแกรมที่ 33 (Water proficiency testing sub-program 33-Mercury, Arsenic, Selenium
Code No.391)

ชื่อตัวอย่าง	ความเข้มข้นของปรอท ($\mu\text{g/L}$)		Between Laborstories	Within Laboratories	ความเข้มข้นของปรอท($\mu\text{g/L}$) วิธีที่ 3
	วิธีที่ 1	ค่าเฉลี่ย*	Z-score	Z-score	
No.97	0.87	0.810	-0.14	-0.80	0.86
No.98	0.90	1.085			0.92

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย*คือค่าเฉลี่ยที่ได้จากห้องปฏิบัติการทั้งหมด 102 ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมโครงการ

- ข้อมูลดิบอยู่ในตารางที่ 6-7 ในภาคผนวก ก

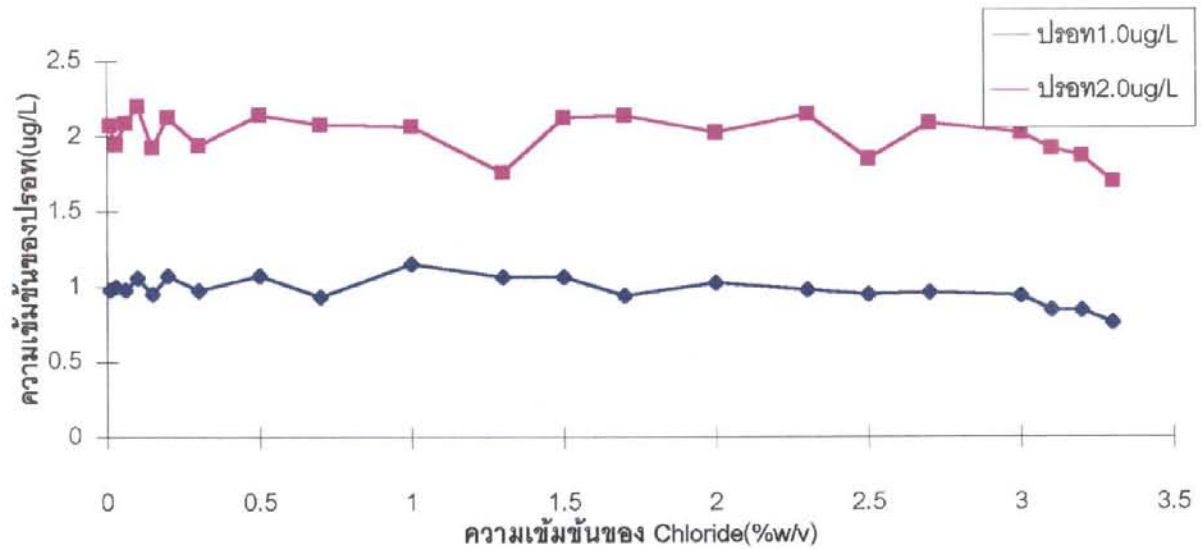
4.5 จากการเข้าร่วมโครงการทดสอบความสามารถของห้องปฏิบัติการ

(Intercomparison run on Determination of Heavy Metals in Water; Feb, 1997) จัดโดยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมร่วมกับ Japan Environmental Sanitation Center (JESC)และ The Agency of Japan. วิเคราะห์ตัวอย่าง ERTC-3920 โดยใช้วิธีที่ 3 พบว่ามีปรอท $20.9 \mu\text{g/L}$ ซึ่งมีค่าจริง(True value) = $20.0 \mu\text{g/L}$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 0.0007 และค่า Z-Score = 0.001 ดังแสดงในภาคผนวก ข

4.6 จากการทำ Spiked sample โดยเติมสารละลายมาตรฐานปรอท $1.0 \mu\text{g/L}$ ลงในตัวอย่างน้ำบริโภคทั้ง 24 ตัวอย่าง แล้ววิเคราะห์โดยวิธีที่ 3 พบว่ามีปรอทอยู่ในช่วง $0.94-1.14 \mu\text{g/L}$ และ %Recovery อยู่ในช่วง 90-114 % และตัวอย่าง ERTC-3920 พบว่ามีปรอท = $19.1 \mu\text{g/L}$ และ % Recovery = 91.2%

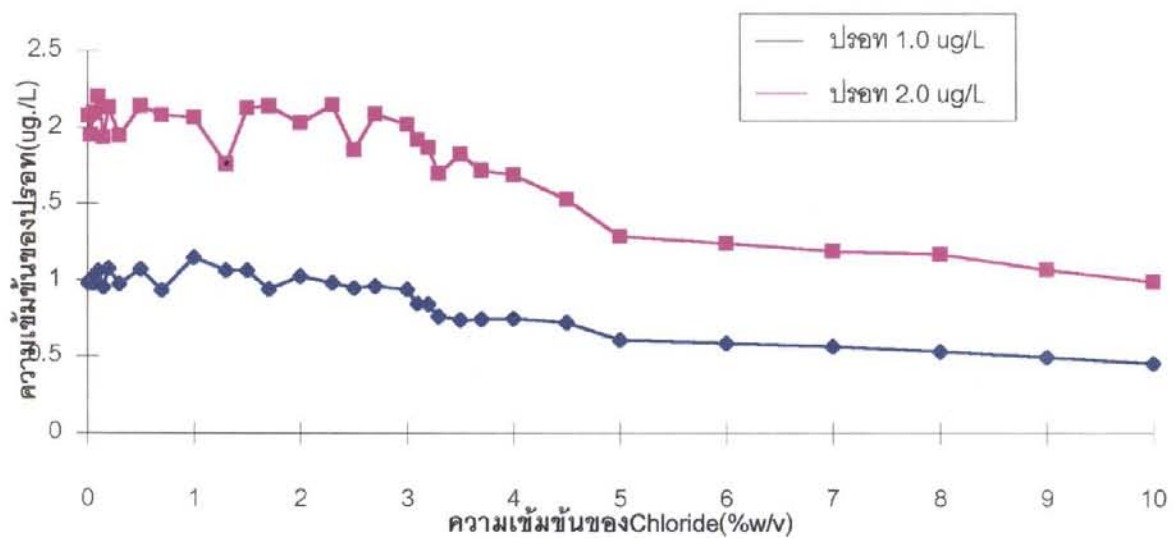
หมายเหตุ ข้อมูลดิบอยู่ในตารางที่ 5, 6 และ 7 ในภาคผนวก ก

4.7 จากการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานปรอทความเข้มข้น 1.0 $\mu\text{g/L}$ และ 2.0 $\mu\text{g/L}$ เมื่อมี Chlorides ปนเปื้อนอยู่ในช่วง 0.01-9.9% พบว่าถ้าปริมาณ chlorides น้อยกว่า 3.3% ผลการวิเคราะห์ที่อยู่ในช่วง 0.84-1.14 $\mu\text{g/L}$, 1.76-2.20 $\mu\text{g/L}$ และ% Recovery ที่ได้อยู่ในช่วง 83.7-114.4%, 87.8-109.8% ตามลำดับ ดังรูปที่ 2



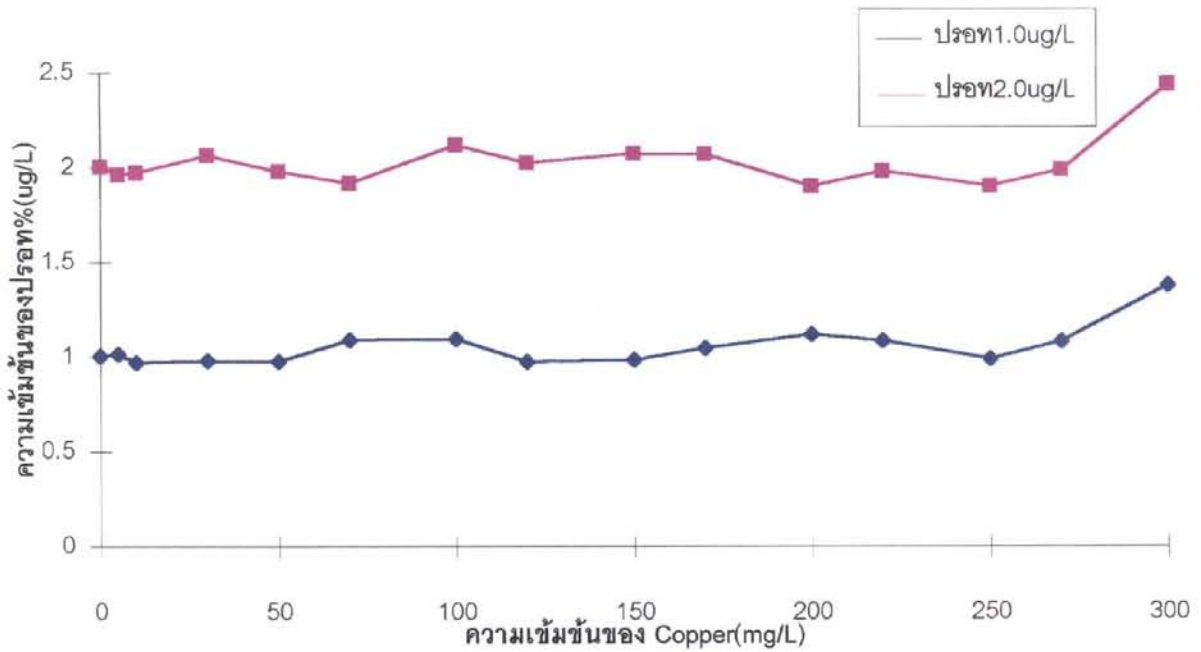
รูปที่ 2

ถ้ามีปริมาณ chlorides ปนเปื้อนในสารละลายตั้งแต่ 3.3% ขึ้นไป ผลการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานปรอทความเข้มข้น 1.0 $\mu\text{g/L}$ จะมีค่าลดลงเหลือ 0.76 $\mu\text{g/L}$ และลดลงเรื่อยๆ จนเหลือ 0.45 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ เมื่อปริมาณ chlorides เพิ่มขึ้นจนถึง 9.9% และ %Recovery ที่ได้อยู่ในช่วง 75.7-45.3% ส่วนผลการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานปรอทความเข้มข้น 2.0 $\mu\text{g/L}$ จะมีค่าลดลงเหลือ 1.69 $\mu\text{g/L}$ และลดลงเรื่อยๆจนเหลือ 0.986 $\mu\text{g/L}$ เมื่อปริมาณ chlorides ที่เพิ่มขึ้นจนถึง 9.9% และ %Recovery ที่ได้อยู่ในช่วง 84.7-49.3% ดังรูปที่3



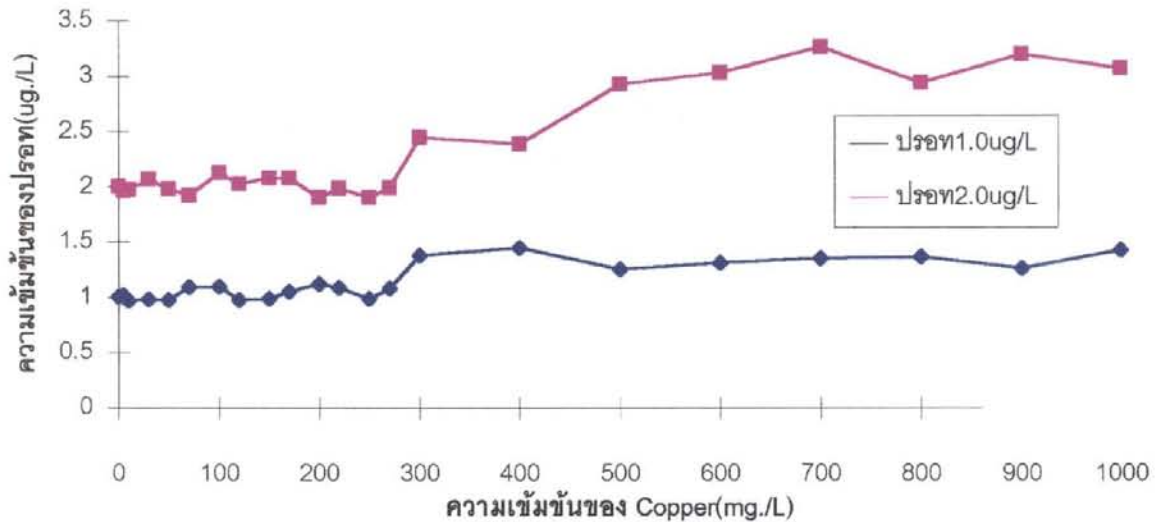
รูปที่3

4.8 จากการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานปรอทความเข้มข้น 1.0 $\mu\text{g/L}$ และ 2.0 $\mu\text{g/L}$ เมื่อมี copper ปนเปื้อนอยู่ในช่วง 5.0-999.0 mg/L พบว่าถ้ามีปริมาณ copper ปนเปื้อนน้อยกว่า 300.0 mg/L ผลการวิเคราะห์ที่อยู่ในช่วง 0.97-1.12 $\mu\text{g/L}$, 1.90-2.12 $\mu\text{g/L}$ และ %Recovery ที่ได้อยู่ในช่วง 96.8-111.8%, 94.9-103.7% ตามลำดับ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4

ถ้ามีปริมาณ copper สูงขึ้นตั้งแต่ 300.0 mg/L ขึ้นไปจนถึง 999.0 mg/L ผลการวิเคราะห์อยู่ในช่วง 1.25-1.47 $\mu\text{g/L}$, 2.38-3.26 $\mu\text{g/L}$ และ %Recovery ที่ได้อยู่ในช่วง 125.4-144.6%, 119.2-163.1% ตามลำดับ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5

หมายเหตุ ข้อมูลดิบของการวิเคราะห์ปรอทที่มี chlorides และ copper ปนเปื้อนอยู่ในตารางที่ 8-11 ในภาคผนวก ก

5. วิจัยผลการศึกษาคัดลอก

5.1 จากการศึกษาคัดลอกวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานปรอท พบว่ากราฟมาตรฐานของทั้ง 3 มีค่าความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรง (Linearity) ใกล้เคียงกัน โดยดูจากค่า Correlation coefficient ของทั้ง 3 วิธีมีค่าไม่น้อยกว่า 0.995

5.2 ความไว (Sensitivity) ของวิธีวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธีมีค่าใกล้เคียงกัน และขีดความสามารถของวิธีวิเคราะห์ (Detection limit) วิธีที่ 2 และ 3 มีค่าไม่แตกต่างจากวิธีที่ 1 ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานเกินกว่า 20% (0.23-0.35) ซึ่งเป็นช่วงที่ยอมรับได้ โดยที่วิธีที่ 3 มีขั้นตอนการวิเคราะห์น้อย และใช้สารเคมีน้อยที่สุด

5.3 จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำบริโภค โดยวิธีที่ 1 และ 3 เปรียบเทียบกันพบว่าน้ำบริโภคเช่นน้ำผ่านเครื่องกรอง น้ำผ่านระบบ Reverse osmosis น้ำประปา น้ำดื่ม และน้ำฝน ไม่พบปรอท อาจเนื่องจากน้ำเหล่านี้ผ่านกรรมวิธีการปรับปรุงแล้ว เพื่อให้ใช้บริโภคได้

5.4 จากการทำ Spiked sample ในตัวอย่างน้ำบริโภค โดยวิธีที่ 3 ได้ %Recovery อยู่ในช่วง $\pm 20\%$ (80-120%) ซึ่งเป็นช่วงที่ยอมรับได้ แสดงว่าน้ำบริโภคนี้นี้มีสารปนเปื้อนที่รบกวนต่อการวิเคราะห์ปรอทน้อยมาก

5.5 จากการเข้าร่วมโครงการทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการในโปรแกรมที่ 33 (Water proficiency testing sub-program 33-Mercury, Arsenic, Selenium Code No.391; Aug,1997) จัดโดย NATA (National Association of Testing Authorities) Australia. โดยใช้วิธีที่ 1 ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานวิเคราะห์ปรอทได้ผลเป็นที่น่าพอใจ คือได้ค่า Z-score น้อยกว่า 2 ซึ่งถ้า $|Z| \leq 2$ แสดงว่าผลการวิเคราะห์ดี ถ้าอยู่ $2 < |Z| < 3$ ต้องวิเคราะห์ใหม่ และถ้า $|Z| > 3$ แสดงว่าผลการวิเคราะห์นั้นใช้ไม่ได้ นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ตัวอย่างทั้งสองโดยวิธีที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีที่ 1 แล้ว ได้ผลการวิเคราะห์ใกล้เคียงกัน

5.6 จากการเข้าร่วมโครงการทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการ (Intercomparison run on Determination of Heavy Metals in Water; Feb, 1997) จัดโดยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมร่วมกับ Japan Environmental Sanitation Center (JESC) และ The Environment Agency of Japan. ตัวอย่าง ERTC-3920 โดยใช้วิธีที่ 3 วิเคราะห์ปรอทได้ผลใกล้เคียงกับค่าจริง คือผลการวิเคราะห์ได้

ปริมาณปรอท = 20.9 mg/L ส่วนปริมาณปรอทที่แท้จริงในตัวอย่าง = 20.0 mg/L และค่า Z-score ที่ได้มีค่าน้อยกว่า 2

นอกจากนี้เมื่อทำ Spiked sample โดยเติมสารละลายมาตรฐานปรอท 1.0 µg/L ลงใน แล้ววิเคราะห์โดยวิธีที่ 3 ได้ปริมาณปรอท = 19.1 mg/L ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ควรได้ และได้ค่า % Recovery = 91.2% ซึ่งอยู่ในช่วง ที่ยอมรับได้

5.7 จากการศึกษาผลกระทบของ chlorides ต่อการวิเคราะห์ปรอท โดยวิเคราะห์ปรอทความเข้มข้น 1.0 µg/L และ 2.0 µg/L เมื่อมี chlorides ปนเปื้อนอยู่ในช่วง 0.01-9.9% จะเห็นว่าถ้ามีปริมาณ chlorides น้อยกว่า 3.3% จะไม่มีผลกระทบต่อ การวิเคราะห์ปรอทโดยวิธีที่ 3

แต่ถ้า chlorides มีปริมาณสูงขึ้นตั้งแต่ 3.3% ขึ้นไป ผลการวิเคราะห์ปรอทที่ได้จะเริ่มลดลงจากค่าจริง โดยดูจาก %Recovery ที่ได้จะไม่อยู่ในช่วง ±20% และจะลดลงเรื่อยๆตามปริมาณ chlorides ที่เพิ่มขึ้น จนผลการวิเคราะห์ปรอทที่ได้มีค่าเพียงครึ่งเดียวของค่าจริง โดยดูจาก %Recovery ที่ได้จะเหลือไม่ถึง 50%

5.8 จากการศึกษาผลกระทบของ copper ต่อการวิเคราะห์ปรอท โดยวิเคราะห์ปรอทความเข้มข้น 1.0 µg/L และ 2.0 µg/L เมื่อมี copper ปนเปื้อนอยู่ในช่วง 10-999mg/L จะเห็นว่าถ้ามีปริมาณ copper น้อยกว่า 300 mg/L จะไม่มีผลกระทบต่อ การวิเคราะห์ปรอทโดยวิธีที่ 3

แต่ถ้ามีปริมาณ copper สูงขึ้นตั้งแต่ 300-999mg/L ปริมาณปรอทจะเพิ่มขึ้นประมาณ 20-50% ค่า %Recovery ของทั้ง 2 ความเข้มข้นอยู่ในช่วง 120-160%

5.9 โดยปกติแล้วในตัวอย่างน้ำบริโภคน้ำส่วนใหญ่จะไม่มี chlorides และ copper ในปริมาณที่สูงมาก ซึ่ง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค มอก.257 เล่มที่ 1-2521 ยอมให้มี chlorides ไม่เกิน 250 mg/L และ copper ไม่เกิน 1.0 mg/L เป็นเกณฑ์กำหนดสูงสุด ส่วนเกณฑ์อนุโลมสูงสุดยอมให้มี chlorides ไม่เกิน 600 mg/L และยอมให้มี copper ไม่เกิน 1.5 mg/L ดังนั้นจะเห็นว่า chlorides และ copper ในน้ำบริโภคมีปริมาณไม่สูงพอที่จะรบกวนการวิเคราะห์ปรอทโดยวิธีที่ 3

6. สรุปผลการศึกษาทดลอง

6.1 วิธีวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธีมีความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงของสารละลายมาตรฐานปรอทกับการดูดกลืนแสง (Linearity) ความไวของวิธีวิเคราะห์ (Sensitivity) และขีดความสามารถของวิธีวิเคราะห์ (Detection limit) ใกล้เคียงกัน โดยวิธีที่ 3 มีขั้นตอนการวิเคราะห์และใช้สารเคมีน้อยที่สุด

6.2 ตัวอย่างน้ำบริโภคน้ำส่วนใหญ่ไม่มีปรอทปนเปื้อนอยู่ และมีสารอื่นที่อาจรบกวนการวิเคราะห์ปรอทโดยวิธีที่ 3 ซึ่งเป็นวิธีที่ลดขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง และปริมาณสารเคมีมีน้อยมาก

6.3 จากการเข้าร่วมในโครงการทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการด้านวิเคราะห์ปรอทในน้ำ 2 โครงการคือ Waters proficiency testing sub-program 33-Mercury, Arsenic, Selenium Code No.391; Aug, 1997 ซึ่งจัดโดย NATA (National Association of Testing Authorities) Australia. และ Intercomparison run on Determination of Heavy Metals in Water; Feb, 1997 จัดโดยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมร่วมกับ Japan Environmental Sanitation Center (JESC) และ The Environment Agency of Japan. ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

6.4 จากการศึกษาถึงผลกระทบของ chlorides และ copper ที่มีต่อการวิเคราะห์ปรอทโดยวิธีที่ 3 พบว่าปริมาณ chlorides และ copper ที่จะกระทบต่อการวิเคราะห์ปรอทต้องมีปริมาณ chlorides สูงถึง 3.3% และ copper 300 mg/L ขึ้นไป ซึ่งปริมาณ chlorides และ copper ที่มีในน้ำบริโภคไม่สูงพอที่จะมีผลกระทบต่อการวิเคราะห์ปรอท

6.5 วิธีวิเคราะห์ที่ 3 เป็นวิธีที่ลดขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างที่ยุ่งยาก และใช้สารเคมีน้อยลง แต่ให้ผลการวิเคราะห์ปรอทในตัวอย่างน้ำบริโภคดี มีประสิทธิภาพสูง เชื่อถือได้ เทียบเท่าวิธีที่ 1 ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน จึงทำให้ประหยัดเวลา ค่าใช้จ่าย สารเคมี และสามารถหลีกเลี่ยงความผิดพลาดของการวิเคราะห์ อันเนื่องมาจากขั้นตอนที่ยุ่งยากและการใช้สารเคมีที่มากเกินไป ทั้งยังช่วยลดปริมาณของเสียจากการวิเคราะห์อันมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงความแตกต่างของวิธีมาตรฐานกับวิธีที่ลดขั้นตอนและสารเคมีลง

หัวข้อ	วิธีที่ 1	วิธีที่ 3
1. ประเภทตัวอย่าง	น้ำทุกประเภท ทั้งน้ำ สะอาด และน้ำทิ้ง	น้ำบริโภคน้ำดื่ม และน้ำผ่านกรรมวิธี
2. สารเคมีที่ใช้ / ตัวอย่าง		
conc.H ₂ SO ₄	5 ml	-
conc.HNO ₃	2.5 ml	-
conc.HCl	-	1 ml
3%HCl	25 ml	25 ml
5%potassium permanganate	15 ml	0.1 ml
5%potassium persulfate	8 ml	-
sodium chlorides-hydroxylamine hydrochloride	10 ml	-
1.1%stannous chlorideใน 3%HCl	15 ml	15 ml
3. เวลาที่ใช้ / ตัวอย่าง	3 ชั่วโมง	4 นาที
4. ขั้นตอนการวิเคราะห์	ยุ่งยากมาก ต้องมีการ ย่อยสลายตัวอย่างที่ อุณหภูมิสูง	ไม่ยุ่งยาก

6.6 วิธีวิเคราะห์นี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการทำมาตรฐานวิธีการวิเคราะห์ เพื่อขอรับรองความสามารถของห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน มอก.1300-2537 (ISO/IEC Guide 25-1990) ว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบและห้องปฏิบัติการทดสอบ

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณนางส่องแสง เลี้ยวชวลิต ผู้อำนวยการกองเคมี นางสาววิริยา จุลโมกษ์ หัวหน้ากลุ่มงานอนินทรีย์เคมีวิเคราะห์ 2 และผู้ร่วมงานในกลุ่มงานอนินทรีย์เคมีวิเคราะห์ 2 ทุกท่านที่ให้คำแนะนำ ให้การช่วยเหลือ และขอขอบคุณกรมวิทยาศาสตร์บริการ ที่ให้ความเอื้อเฟื้อวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีต่างๆทำให้การศึกษาทดลองนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

8. เอกสารอ้างอิง

1. American Society for Testing and Materials. Annual book of ASTM standards. Section 11 volume 11.01. Philadelphia, PA: the society, 1996.
 2. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18th ed. Washington, DC: American Public Health Association, 1992.
 3. Automated Cold Vapor Determination of Mercury : EPA Stannous Chloride Methodology. Varian Instruments at work, 1985.
 4. Flow Injection Mercury / Hydride Analyses, Recommended Analytical Conditions and General Information. The Perkin-Elmer Corporation, 1994.
 5. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคน
: มอก. 257 เล่มที่ 1-2521
-

ภาคผนวก ก

ตารางที่ 1 แสดงค่าความไวของวิธีวิเคราะห์

วิธีที่	แบบลงค์	ค่าการดูดกลืนแสง						ค่าความไวของ วิธีวิเคราะห์($\mu\text{g/L}$)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย	
1	แบบลงค์	0.007	0.007	0.005	0.001	0.005	0.005	0.26
	ปรอท $10\mu\text{g/L}$	0.1759	0.1777	0.1729	0.1798	0.1801	0.1773	
2	แบบลงค์	0.006	0.004	0.002	0.002	0.008	0.0044	0.25
	ปรอท $10\mu\text{g/L}$	0.1772	0.1795	0.1782	0.1764	0.1773	0.1777	
3	แบบลงค์	0.002	0.001	0.001	-0.002	0.003	0.001	0.26
	ปรอท $10\mu\text{g/L}$	0.1694	0.1696	0.1703	0.1694	0.1697	0.1697	

ตารางที่ 2 แสดงการหาค่าขีดความสามารถของวิธีวิเคราะห์ที่ 1

ค่าการดูดกลืนแสง สำหรับสารละลายมาตรฐานปรอท 1.0 µg/L					ค่าการดูดกลืนแสง สำหรับสารละลายมาตรฐานปรอท 2.0 µg/L				
ตัวอย่าง ที่	สาร ละลาย แบบ บังค์	สาร ละลาย แบบ บังค์ เฉลี่ย	สารละลาย มาตรฐาน	สารละลาย มาตรฐาน ลบ สารละลาย แบบบังค์ เฉลี่ย	ตัวอย่าง ที่	สาร ละลาย แบบ บังค์	สาร ละลาย แบบ บังค์ เฉลี่ย	สาร ละลาย มาตรฐาน	สารละลาย มาตรฐาน ลบ สารละลาย แบบบังค์ เฉลี่ย
1	0.0003 0.0005	0.0004	0.0184	0.0180	1	0.0005 0.0007	0.0006	0.0309	0.0303
2	0.0007 0.0001	0.0004	0.0222	0.0218	2	0.0001 0.0009	0.0005	0.3650	0.0294
3	0.0009 0.0003	0.0006	0.0226	0.0220	3	0.0003 0.0001	0.0002	0.0309	0.0307
4	0.0001 0.0007	0.0004	0.0192	0.0188	4	0.0007 0.0004	0.00055	0.0365	0.03235
5	0.0004 0.0008	0.0006	0.0184	0.0178	5	0.0008 0.0001	0.00045	0.0362	0.02925
6	0.0001 0.0003	0.0002	0.0222	0.0220	6	0.0003 0.0006	0.00045	0.0296	0.02835
7	0.0006 0.0006	0.0006	0.0184	0.0178	7	0.0006 0.0006	0.0006	0.0304	0.0298
8	0.0006 0.0004	0.0005	0.0187	0.0182	8	0.0004 0.0009	0.00065	0.0364	0.03185
9	0.0009 0.0007	0.0008	0.0223	0.0215	9	0.0007 0.0005	0.0006	0.0368	0.0290
10	0.0005 0.0001	0.0003	0.0184	0.0181	10	0.0001 0.0003	0.0002	0.0327	0.0325
$\bar{X} = 0.0196$					$\bar{X} = 0.03035$				
SD = 0.00194					SD = 0.001462				
3SD = 0.005819					3SD = 0.004386				
ค่าขีดความสามารถของวิธี = 0.29 µg/L					ค่าขีดความสามารถของวิธี = 0.29 µg/L				
ค่าขีดความสามารถของวิธี เฉลี่ย = 0.29 µg/L									

ตารางที่ 3 แสดงการหาค่าขีดความสามารถของวิธีวิเคราะห์ที่ 2

ค่าการดูดกลืนแสง สำหรับสารละลายมาตรฐานปรอท 1.0 µg/L					ค่าการดูดกลืนแสง สำหรับสารละลายมาตรฐานปรอท 2.0 µg/L				
ตัวอย่าง ที่	สาร ละลาย แบลงค์	สาร ละลาย แบลงค์ เจดีย์	สารละลาย มาตรฐาน	สารละลาย มาตรฐานลบ สารละลาย แบลงค์เจดีย์	ตัวอย่าง ที่	สาร ละลาย แบลงค์	สาร ละลาย แบลงค์ เจดีย์	สารละลาย มาตรฐาน	สารละลาย มาตรฐานลบ สารละลาย แบลงค์เจดีย์
1	0.0004 0.0007	0.00055	0.0145	0.01395	1	0.0007 0.0007	0.0007	0.0272	0.0265
2	0.0007 0.0006	0.00065	0.0136	0.01295	2	0.0006 0.0003	0.00045	0.0270	0.02655
3	0.0003 0.0005	0.0004	0.0161	0.0157	3	0.0005 0.0007	0.0006	0.0286	0.0280
4	0.0007 0.0004	0.00055	0.0135	0.01295	4	0.0004 0.0007	0.00055	0.0260	0.02545
5	0.0007 0.0006	0.00065	0.0148	0.01415	5	0.0006 0.0006	0.0006	0.0283	0.0277
6	0.0006 0.0008	0.0007	0.0186	0.0179	6	0.0008 0.0008	0.0008	0.0286	0.0278
7	0.0008 0.0006	0.0007	0.0138	0.0131	7	0.0006 0.0005	0.00055	0.0280	0.02745
8	0.0005 0.0004	0.00045	0.0145	0.01405	8	0.0004 0.0005	0.00045	0.0284	0.02795
9	0.0005 0.0005	0.0005	0.0155	0.0150	9	0.0005 0.0005	0.0005	0.0315	0.0310
10	0.0003 0.0008	0.00055	0.0145	0.01395	10	0.0007 0.0007	0.0007	0.0272	0.0265
$\bar{X} = 0.014417$					$\bar{X} = 0.02749$				
SD = 0.001519					SD = 0.001488				
3SD = 0.004558					3SD = 0.004465				
ค่าขีดความสามารถของวิธี = 0.32 µg/L					ค่าขีดความสามารถของวิธี = 0.32 µg/L				
ค่าขีดความสามารถของวิธีเจดีย์ = 0.32 µg/L									

ตารางที่ 4 แสดงการหาค่าขีดความสามารถของวิธีวิเคราะห์ที่ 3

ค่าการดูดกลืนแสง สำหรับสารละลายมาตรฐานปรอท 1.0 µg/L					ค่าการดูดกลืนแสง สำหรับสารละลายมาตรฐานปรอท 2.0 µg/L				
ตัวอย่าง ที่	สาร ละลาย แปลงค์	สาร ละลาย แปลงค์ เฉลี่ย	สารละลาย มาตรฐาน	สารละลาย มาตรฐานลบ สารละลาย แปลงค์เฉลี่ย	ตัวอย่าง ที่	สาร ละลาย แปลงค์	สาร ละลาย แปลงค์ เฉลี่ย	สารละลาย มาตรฐาน	สารละลาย มาตรฐานลบ สารละลาย แปลงค์เฉลี่ย
1	0.0002 0.0007	0.00045	0.0166	0.01615	1	0.0007 -0.0003	0.0002	0.0297	0.0295
2	-0.0003 0.0006	0.0002	0.0157	0.0156	2	0.0006 -0.0002	0.0002	0.0297	0.0295
3	-0.0002 0.0004	0.0001	0.0162	0.0161	3	0.0004 0.0012	0.0008	0.0310	0.0302
4	0.0012 0.0004	0.0008	0.0165	0.0157	4	0.0004 0.0003	0.00035	0.0337	0.03335
5	0.0003 0.0003	0.0003	0.0172	0.0169	5	0.0003 0.0009	0.0006	0.0337	0.0331
6	0.0009 0.0007	0.0008	0.0195	0.0187	6	0.0007 0.0005	0.0006	0.0337	0.0331
7	0.0005 0.0016	0.0011	0.0198	0.0188	7	0.0016 0.0013	0.0015	0.0334	0.0320
8	0.0013 0.0001	0.0007	0.0195	0.0188	8	0.0001 0.0002	0.0002	0.0342	0.0341
9	0.0002 0.0013	0.00075	0.0193	0.01855	9	0.0013 0.0008	0.00105	0.0330	0.03195
10	0.0008 0.0011	0.00095	0.0160	0.01535	10	0.0011 0.0013	0.0012	0.0320	0.0306
$\bar{X} = 0.01706$					$\bar{X} = 0.03173$				
SD = 0.00140					SD = 0.00159				
3SD = 0.00420					3SD = 0.00477				
ค่าขีดความสามารถของวิธี = 0.25 µg/L					ค่าขีดความสามารถของวิธี = 0.30 µg/L				
ค่าขีดความสามารถของวิธีเฉลี่ย = 0.27 µg/L									

ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ปรอทในตัวอย่างน้ำบริโภคโดยวิธีที่ 1

ชื่อตัวอย่าง	ผลการวิเคราะห์ ($\mu\text{g/L}$)					
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5	เฉลี่ย
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่1	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่2	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่4	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่5	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่6	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่7	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำผ่านเครื่อง Reverse osmosis	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำจากโรงกรองน้ำ การทำเรือแห่งประเทศไทย	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำประปาจากเขตสามเสน กรุงเทพมหานคร	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำประปาจากเขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำประปาจากเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำประปาจากเขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำดื่มเดชศิริ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำดื่มเอนจอย	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำดื่มพิณทิพย์	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำดื่มโพลาวิส	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำดื่มนิวมิค	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำดื่มสายรุ้ง	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำดื่มบางแค	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำดื่มพิภุลทอง	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำดื่มเอสพี	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำดื่มเนปจูน	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำฝน	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
NATA water No 97	0.865	0.870	0.859	0.869	0.874	0.87
NATA water No 98	0.892	0.899	0.905	0.907	0.895	0.90
ERTC-3920	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ปรอทในตัวอย่างน้ำบริโภคโดยวิธีที่ 3

ชื่อตัวอย่าง	ผลการวิเคราะห์ ($\mu\text{g/L}$)					
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5	เฉลี่ย
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่1	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่2	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่4	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่5	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่6	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่7	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำผ่านเครื่อง Reverse osmosis	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำจากโรงกรองน้ำ การท่าเรือแห่งประเทศไทย	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำประปาจากเขตสามเสน กรุงเทพมหานคร	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำประปาจากเขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำประปาจากเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำประปาจากเขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำดื่มเดชศิริ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำดื่มเอนจอย	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำดื่มพิณทิพย์	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำดื่มโพลาริส	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำดื่มนิวมิค	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำดื่มสายรุ้ง	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำดื่มบางแค	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำดื่มพิศุลทอง	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำดื่มเอสพี	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำดื่มเนปจูน	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
น้ำฝน	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
NATA water No 97	0.859	0.849	0.866	0.851	0.862	0.86
NATA water No 98	0.948	0.899	0.905	0.921	0.943	0.92
ERTC-3920	20.0	20.4	21.1	21.1	21.7	20.9

ตารางที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ของการทำ Spike sample โดยวิธีที่ 3

ชื่อตัวอย่าง	ผลการวิเคราะห์ ($\mu\text{g/L}$)						% Recovery
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5	เฉลี่ย	
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่1	1.058	1.038	1.010	1.035	1.043	1.0368	103.7
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่2	0.964	0.943	0.898	0.903	0.936	0.9288	92.9
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่3	0.943	0.938	0.942	0.949	0.953	0.9450	94.5
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่4	0.984	0.987	0.898	0.956	0.996	0.9642	96.4
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่5	1.068	1.039	1.016	1.054	1.035	1.0424	104.2
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่6	0.872	0.939	0.898	0.882	0.945	0.9072	90.7
น้ำผ่านเครื่องกรองตัวอย่างที่7	1.145	1.136	1.165	1.110	1.142	1.1396	114.0
น้ำผ่านเครื่อง Reverse osmosis	1.085	1.091	1.122	1.142	1.124	1.1128	111.3
น้ำจากโรงกรองน้ำ การท่าเรือ แห่งประเทศไทย	0.997	0.968	0.990	1.005	0.975	0.987	98.7
น้ำประปาจากเขตสามเสน กรุงเทพมหานคร	1.083	1.067	1.086	1.055	1.107	1.0796	108.0
น้ำประปาจากเขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร	0.985	0.995	1.049	1.053	1.029	1.0223	102.2
น้ำประปาจากเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร	1.096	1.120	1.105	1.107	1.087	1.103	110.3
น้ำประปาจากเขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร	0.975	1.039	1.016	1.032	1.020	1.0164	101.6
น้ำดื่มเดชศิริ	1.135	1.067	1.094	1.099	1.070	1.093	109.3
น้ำดื่มเอนจอย	1.065	1.015	0.999	1.026	1.012	1.0234	102.3
น้ำดื่มพิณทิพย์	0.943	0.934	0.948	0.942	0.955	0.9444	94.4
น้ำดื่มโพลาริส	1.085	1.049	1.009	1.056	1.021	1.044	104.4
น้ำดื่มนิวมิค	0.998	0.956	0.885	0.967	0.994	0.9822	98.2
น้ำดื่มสายรุ้ง	0.965	0.961	0.987	0.992	0.986	0.9782	97.8
น้ำดื่มบางแค	0.969	0.948	0.957	0.962	0.954	0.958	95.8
น้ำดื่มพิภุสทอง	1.004	1.011	1.009	1.008	1.023	1.011	101.1
น้ำดื่มเอสพี	1.036	1.092	1.077	1.065	1.008	1.0556	105.6

ชื่อตัวอย่าง	ผลการวิเคราะห์($\mu\text{g/L}$)						% Recovery
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5	เฉลี่ย	
น้ำดื่มเนปจูน	1.093	1.111	1.129	1.111	1.036	1.096	109.6
น้ำฝน	1.039	1.052	1.041	1.011	1.033	1.0352	103.5
NATA water No 97	-	-	-	-	-	-	-
NATA water No 98	-	-	-	-	-	-	-
ERTC-3920	19.096	19.118	19.059	19.084	19.111	19.0936	91.2

หมายเหตุ NATA water No 97 และ No 98 คือตัวอย่างน้ำที่เข้าร่วม โครงการทดสอบความสามารถของห้องปฏิบัติการใน โปรแกรมที่ 33 (Waters proficiency testing sub-program 33-Mercury, Arsenic, Selenium Code No.391 ; Aug, 1997) จัดโดย NATA (National Association of Testing Authorities) Australia.

ERTC-3920 คือตัวอย่างน้ำที่เข้าร่วมโครงการทดสอบความสามารถของห้องปฏิบัติการ (Intercomparison run on Determination of Heavy Metals in Water; Feb,1997) จัดโดยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้ร่วมกับ Japan Environmental Sanitation Center (JESC) และ The Environment Agency of Japan.

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ปรอทความเข้มข้น 1.0 $\mu\text{g/L}$ โดยวิธีที่ 3 เมื่อมี Chlorides ในปริมาณต่างๆ

ความเข้มข้นของ Chlorides (%)	ผลการวิเคราะห์($\mu\text{g/L}$)						% Recovery
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย	
0.01	0.956	0.946	0.999	0.987	0.989	0.975	97.5
0.03	0.986	0.978	1.002	1.012	1.009	0.997	99.7
0.06	0.946	0.946	1.019	0.970	0.990	0.974	97.4
0.10	1.011	1.056	1.074	1.113	1.016	1.054	105.4
0.15	0.911	0.984	0.977	0.899	0.968	0.948	94.8
0.20	1.138	1.054	1.080	1.036	1.038	1.069	106.9
0.30	0.982	0.950	0.988	0.996	0.939	0.971	97.1
0.50	1.038	1.054	1.123	1.113	1.006	1.067	106.7
0.70	0.902	0.984	0.852	0.912	0.989	0.928	92.8
1.0	1.117	1.158	1.190	1.155	1.101	1.144	114.4
1.3	1.022	1.113	1.098	1.055	1.004	1.058	105.8
1.5	1.077	1.053	1.083	1.071	1.006	1.058	105.8
1.7	0.920	0.964	0.946	0.908	0.937	0.935	93.5
2.0	1.080	1.019	1.023	0.971	1.006	1.020	102.0
2.3	0.946	0.946	1.019	0.970	0.998	0.976	97.6
2.5	0.917	0.953	0.969	0.946	0.947	0.946	94.6
2.7	0.964	0.908	0.973	0.948	0.989	0.956	95.6
3.0	0.920	0.946	0.938	0.935	0.939	0.936	93.6
3.1	0.855	0.844	0.836	0.845	0.836	0.843	84.3
3.2	0.851	0.816	0.853	0.840	0.826	0.837	83.7
3.3	0.764	0.755	0.753	0.754	0.761	0.757	75.7
3.5	0.751	0.716	0.753	0.741	0.726	0.737	73.7
3.7	0.760	0.722	0.761	0.733	0.736	0.742	74.2
4.0	0.758	0.718	0.754	0.743	0.755	0.746	74.6
4.5	0.714	0.755	0.707	0.711	0.723	0.722	72.2
5.0	0.614	0.611	0.601	0.609	0.606	0.608	60.8
6.0	0.585	0.589	0.578	0.596	0.588	0.587	58.7
7.0	0.555	0.563	0.548	0.561	0.559	0.563	56.3
8.0	0.523	0.536	0.529	0.531	0.530	0.530	53.0
9.0	0.499	0.498	0.492	0.490	0.489	0.494	49.4
9.9	0.478	0.465	0.423	0.455	0.446	0.453	45.3

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ปรอทความเข้มข้น 2.0 µg/L โดยวิธีที่ 3 เมื่อมี Chlorides ในปริมาณต่างๆ

ความเข้มข้นของ Chlorides (%)	ผลการวิเคราะห์(µg/L)						% Recovery
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5	เฉลี่ย	
0.01	2.080	2.040	2.145	2.058	2.026	2.070	103.5
0.03	1.989	1.888	1.975	1.896	1.969	1.944	97.2
0.06	2.143	2.080	2.070	2.098	2.038	2.086	104.3
0.10	2.194	2.203	2.236	2.211	2.135	2.196	109.8
0.15	1.918	1.972	1.879	1.888	1.967	1.925	96.2
0.20	2.130	2.089	2.184	2.115	2.101	2.124	106.2
0.30	1.889	1.987	1.859	1.958	1.997	1.938	96.9
0.50	2.130	2.089	2.184	2.134	2.136	2.135	106.7
0.70	2.077	2.053	2.083	2.071	2.086	2.074	103.7
1.0	2.061	2.060	2.065	2.062	2.049	2.059	103.0
1.3	1.825	1.724	1.713	1.759	1.754	1.755	87.8
1.5	2.138	2.054	2.140	2.111	2.158	2.120	106.0
1.7	2.040	2.117	2.158	2.190	2.155	2.132	106.6
2.0	2.077	2.017	1.972	2.022	2.021	2.022	101.1
2.3	2.098	2.197	2.086	2.066	2.254	2.140	107.0
2.5	1.852	1.860	1.822	1.845	1.848	1.845	92.3
2.7	2.089	2.065	2.113	2.087	2.056	2.082	104.1
3.0	2.011	2.023	2.009	2.015	2.026	2.017	100.8
3.1	1.989	1.901	1.879	1.888	1.911	1.914	95.7
3.2	1.898	1.856	1.887	1.845	1.823	1.862	93.1
3.3	1.777	1.645	1.663	1.693	1.689	1.693	84.7
3.5	1.806	1.885	1.803	1.798	1.811	1.821	91.0
3.7	1.716	1.698	1.704	1.707	1.746	1.714	85.7
4.0	1.709	1.689	1.696	1.677	1.656	1.685	84.3
4.5	1.454	1.555	1.589	1.543	1.498	1.528	76.4
5.0	1.262	1.234	1.356	1.298	1.277	1.285	64.3
6.0	1.223	1.235	1.246	1.258	1.234	1.239	62.0
7.0	1.198	1.179	1.201	1.177	1.187	1.188	59.4
8.0	1.167	1.156	1.177	1.189	1.144	1.167	58.3
9.0	1.058	1.099	1.069	1.032	1.077	1.067	53.4
9.9	0.988	0.996	0.979	0.989	0.977	0.986	49.3

ตารางที่10 ผลการวิเคราะห์ปรอทความเข้มข้น 1.0 $\mu\text{g/L}$ โดยวิธีที่ 3 เมื่อมี Copper ในปริมาณต่าง ๆ

ความเข้มข้นของ Copper(mg./L)	ผลการวิเคราะห์($\mu\text{g/L}$)						% Recovery
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5	เฉลี่ย	
5.0	0.977	1.018	0.958	0.998	1.089	1.012	101.2
10.0	0.935	0.968	0.997	0.974	0.965	0.968	96.8
30.0	0.996	0.964	0.975	0.966	0.989	0.978	97.8
50.0	0.966	0.974	0.997	0.965	0.966	0.974	97.4
70.0	1.121	1.096	1.066	1.097	1.058	1.088	108.8
100.0	1.099	1.101	1.078	1.097	1.086	1.092	109.2
120.0	0.989	0.976	0.969	0.934	0.996	0.973	97.3
150.0	0.978	0.988	0.974	0.994	0.986	0.984	98.4
170.0	0.996	1.016	1.011	1.110	1.098	1.046	104.6
200.0	1.086	1.152	1.123	1.088	1.141	1.118	111.8
220.0	1.112	1.099	1.061	1.018	1.120	1.082	108.2
250.0	0.992	0.987	0.995	0.979	0.984	0.987	98.7
270.0	1.134	1.018	1.076	1.065	1.102	1.079	107.9
300.0	1.356	1.383	1.424	1.353	1.364	1.376	137.6
400.0	1.479	1.496	1.478	1.376	1.404	1.446	144.6
500.0	1.259	1.248	1.279	1.226	1.256	1.254	125.4
600.0	1.305	1.295	1.298	1.312	1.331	1.308	130.8
700.0	1.454	1.545	1.238	1.293	1.226	1.351	135.1
800.0	1.393	1.394	1.336	1.374	1.330	1.365	136.5
900.0	1.296	1.116	1.289	1.299	1.279	1.256	125.6
999.0	1.436	1.398	1.404	1.440	1.419	1.419	141.9

ตารางที่11 ผลการวิเคราะห์ปรอทความเข้มข้น 2.0 µg/L โดยวิธีที่ 3 เมื่อมี Copper ในปริมาณ
ต่างๆ

ความเข้มข้นของ Copper(mg./L)	ผลการวิเคราะห์(µg/L)						% Recovery
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5	เฉลี่ย	
5.0	1.946	1.966	1.962	1.991	1.919	1.957	97.8
10.0	1.935	1.968	1.997	1.974	1.965	1.968	98.4
30.0	2.066	2.096	2.023	2.083	2.035	2.061	103.0
50.0	1.966	1.974	1.997	1.965	1.966	1.974	98.7
70.0	1.981	1.893	1.907	1.898	1.892	1.914	95.7
100.0	2.086	2.151	2.123	2.088	2.141	2.118	105.9
120.0	2.056	2.006	2.012	2.017	2.020	2.022	101.1
150.0	2.010	2.009	2.011	2.022	2.320	2.074	103.7
170.0	2.060	2.056	2.048	2.092	2.101	2.071	103.6
200.0	1.989	1.856	1.898	1.789	1.962	1.899	94.9
220.0	1.961	1.992	1.977	1.965	1.998	1.979	98.9
250.0	1.895	1.868	1.829	1.952	1.986	1.900	95.0
270.0	1.995	1.984	1.978	1.982	1.991	1.986	99.3
300.0	2.458	2.449	2.436	2.399	2.446	2.438	121.9
400.0	2.369	2.396	2.399	2.387	2.364	2.383	119.2
500.0	2.989	2.897	2.786	2.994	2.961	2.925	146.3
600.0	3.019	3.096	3.020	2.998	3.016	3.030	151.5
700.0	3.275	3.198	3.276	3.298	3.264	3.262	163.1
800.0	2.998	2.796	2.895	3.016	2.964	2.934	146.7
900.0	3.123	3.169	3.295	3.076	3.289	3.190	159.5
999.0	3.066	3.026	3.089	3.079	3.061	3.064	153.2

ภาคผนวก ข



National Association of Testing Authorities, Australia

ACN 004 079 748

7 Leeds Street Rhodes NSW 2138 Australia

Telephone: 61 2 9736 8222 Fax: 61 2 9743 5311

16 September 1997

Dr Anamai Singhabhandhu

Department of Science Service
Chemistry Division
Rama VI Road Ratchathewi District
Bangkok 10400 THAILAND

Dear Dr Singhabhandhu

Re: Waters Proficiency Testing Sub-Program 33 - Mercury, Arsenic, Selenium
Code No. 391 Accreditation

To provide participants with early information concerning proficiency testing of samples from this program, a brief summary of the results is presented on the following page. As authorised representative this information is forwarded to you for review and distribution to relevant laboratory staff.

As publicised in past issues of *NATA News*, NATA has updated the statistical procedures used to analyse the results of its proficiency testing programs. Part of the new procedures is a new set of (robust) summary statistics, which includes those appearing on the next page. The median replaces the mean and the normalised IQR replaces the standard deviation.

Definitions of these new terms are at the bottom of the next page. A document outlining all of the new procedures, entitled "New Statistics for NATA's Proficiency Testing Programs", will be sent to you with the final report. If you have any questions about the new statistical procedures, please contact Ms Susan Hoffmann.

Please note:

- (i) Any results received after the issue date of this information are not eligible for inclusion in the statistical analysis for the final report.
- (ii) The final report containing the complete statistical analyses and commentary, together with a detailed individual laboratory summary sheet, will be issued as soon as possible.
- (iii) Laboratories which have reported results more than three normalised IQRs from the median are encouraged to commence investigative/corrective action prior to the release of the final report.
- (iv) Samples NO97 and NO98 were expected to contain mercury at slightly different concentrations (approximately 1 µg/L and 1.2 µg/L respectively). Sample NO99 was expected to contain 11.4 µg/L of arsenic and sample N100 approximately 8.6 µg/L of selenium.

If you have any queries at this stage please feel free to contact me.

Yours sincerely

RHONDA STERNBECK
Technical Officer
Proficiency Testing

Enc.
RWTR277.LTR

Mercury ($\mu\text{g/L}$)

Laboratory Code No.	Sample NO97	Sample NO98	Between Laboratories Z-score	Within Laboratories Z-Score	Method Code
391	0.87	0.90	-0.14	-0.80	1
392	1.03	1.25	0.89	0.00	1
393	0.40	0.68	-1.53	0.25	1
396	1.07	1.29	1.05	0.00	1
400	0.97	1.30	0.87	0.46	1
406	1.40	<1			1
412	0.799	1.22	0.36	0.84	3
418	0.53	0.65	-1.33	-0.42	3
419	0.70	1.55	0.83	2.65	1
427	0.20	0.93	-1.43	2.14	1
429	0.85	1.42	0.87	1.47	1
430	<1	3.12			3
433	0.86	1.15	0.34	0.29	1
434	0.60	0.80	-0.89	-0.08	1
436	1.11	1.34	1.23	0.04	3
437	0.62	1.10	-0.24	1.09	1
438	0.52	1.19	-0.26	1.89	1
439	1.1	1.6	1.73	1.18	3
440	0.80	0.90	-0.28	-0.50	1
448	0.55	1.12	-0.34	1.47	3
449	0.48	1.19	-0.34	2.06	1
450	0.62	0.99	-0.46	0.63	3
451	0.69	0.74	-0.83	-0.71	1
453	0.69	0.85	-0.60	-0.25	3
454	0.60	0.61	-1.27	-0.88	3
462	0.59	1.34	0.18	2.23	3
464	1.20	1.10	0.93	-1.34	3
469	0.5	0.5	-1.69	-0.92	3
471	0.8	0.6	-0.89	-1.77	1
473	2.00	2.70	5.76 §	2.02	1
474	0.60	1.10	-0.28	1.18	1
475	0.72	0.99	-0.26	0.21	3
476	0.74	1.20	0.20	1.01	1
477	0.94	1.11	0.42	-0.21	1
481	1.15	1.14	0.91	-0.97	1
486	1.58	2.55	4.61 §	3.15 §	1
493	0.76	0.96	-0.24	-0.08	1
496	2.28	1.59	4.09 §	-3.82 §	1
504	0.94	1.16	0.52	0.00	3
506	1.03	1.25	0.89	0.00	3
508	1.00	1.30	0.93	0.34	1

A1.3

Mercury ($\mu\text{g/L}$)

Laboratory Code No.	Sample NO97	Sample NO98	Between Laboratories Z-score	Within Laboratories Z-Score	Method Code
511	1.0	1.2	0.72	-0.08	1
515	0.43	0.54	-1.75	-0.46	3
518	0.71	1.15	0.04	0.92	3
520	0.77	0.94	-0.26	-0.21	1
523	0.71	0.90	-0.46	-0.13	5
527	1.05	0.90	0.22	-1.55	3
528	1.24	1.30	1.41	-0.67	3
532	0.71	0.80	-0.66	-0.55	3
539	0.90	1.14	0.40	0.08	3
540	0.72	0.97	-0.30	0.13	3
541	<2	<2			1
544	0.7	0.9	-0.48	-0.08	1
545	0.84	0.94	-0.12	-0.50	1
548	48.59	14.34	123.00 §	-144.86 §	1
549	<1.0	<1.0			1
552	0.66	0.85	-0.66	-0.13	1
553	1.20	1.48	1.69	0.25	3
554	0.63	0.97	-0.48	0.50	1
558	0.56	0.90	-0.77	0.50	1
568	1.11	0.68	-0.10	-2.73	1
569	1.27	4.36	7.63 §	12.06 §	1
570	<4.00	<4.00			3
572	0.86	1.07	0.18	-0.04	3
573	0.78	0.93	-0.26	-0.29	1
574	4.12	3.91	12.46 §	-1.81	3

No. of Results	102	102
Median	0.810	1.085
Normalised IQR	0.280	0.269
Robust CV	34.5%	24.8%
Minimum	0.20	0.38
Maximum	48.59	14.34
Range	48.39	13.96

NOTE 1: § denotes an outlier (i.e. $|z\text{-score}| > 3$).

NOTE 2: Please refer to Appendix C1 for method code descriptions.



ที่ว.0604/ ศวผ. 8๒

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
ซอยพินุลวิวัฒนา 7 ถนนพระรามที่ 6
พญาไท กรุงเทพฯ 10400

7 มกราคม 2540

เรื่อง การวิเคราะห์สารตัวอย่างเปรียบเทียบ (Intercomparison run)

เรียน ผู้อำนวยการกองเคมี กรมวิทยาศาสตร์บริการ

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. ใบตอบรับการเข้าร่วมโครงการการวิเคราะห์ตัวอย่างเปรียบเทียบ
2. เอกสารประกอบ

ด้วย กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ได้ร่วมกับ Japan Environmental Sanitation Center (JESC) และ The Environment Agency of Japan ดำเนินการจัดทำตัวอย่างน้ำขึ้น 2 ตัวอย่าง คือ ERTC-3919 และ ERTC-3920 ซึ่งใช้ในโครงการ Quality Assurance and Quality Control Activities of Laboratories ภายใต้แผนงาน Quality Control of Environmental Monitoring in Thailand. เพื่อจะวิเคราะห์ปริมาณของ Arsenic, Cadmium, Chromium, Copper, Lead, Manganese ในตัวอย่าง ERTC-3919 และ Mercury ในตัวอย่าง ERTC-3920

เนื่องจาก กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม พิจารณาเห็นว่า หน่วยงานของท่าน อาจมีความสนใจที่จะร่วมการวิเคราะห์สารตัวอย่างเปรียบเทียบดังกล่าว หากประสงค์ที่จะเข้าร่วมการดำเนินการครั้งนี้ ขอได้โปรดให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง กรอกแบบฟอร์มที่แนบมา แล้วส่งคืน กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ทราบในโอกาสแรกด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา จักขอบคุณมาก

ขอแสดงความนับถือ

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม
โทร. 5771136-7
โทรสาร 5771138,5772388

(นางมณฑิพย์ นีโรดม ชาญภาณ)

ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

13 ม.ค. ๒๕๔๐
กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
32๒ 13๒๐.๔๐

13 ม.ค. ๒๕๔๐

13 ม.ค. ๒๕๔๐

13 ม.ค. ๒๕๔๐

13 ม.ค. ๒๕๔๐

13 ม.ค. ๒๕๔๐

13 ม.ค. ๒๕๔๐

13 ม.ค. ๒๕๔๐

Analytical results of water sample ERTC - 3919 and ERTC- 3920

LAB CODE 17

Determinant	Individual Determination , ppm					Average ppm	SD	% CV	True value ppm	z score	Method Code	Instrument Code
	Value 1	Value 2	Value 3	Value 4	Value 5							
As	0.0998	0.1001	0.1002	0.1005	0.1008	0.1003	0.0004	0.38	0.10	0.00	MET 01	INS 02
Cd	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.0000	0.00	0.05	0.33	MET 01	INS 01
Cr	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.08	0.0000	0.00	0.10	0.18	MET 01	INS 01
Cu	0.0940	0.0940	0.0940	0.0940	0.0950	0.09	0.0004	0.47	0.10	0.01	MET 01	INS 01
Mn	0.047	0.470	0.477	0.481	0.481	0.391	0.1924	49.17	0.50	1.79	MET 01	INS 01
Pb	0.049	0.049	0.050	0.051	0.052	0.0504	0.0017	3.32	0.05	0.02	MET 01	INS 01
Hg	0.02	0.0204	0.0211	0.0211	0.0217	0.0209	0.0007	3.19	0.02	0.001	MET 01	INS 03

Note : $Z \leq 2$ satisfactory

$2 < Z \leq 3$ questionable

$Z > 3$ unsatisfactory