



รายงาน การวิจัยเรื่อง

การวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูในน้ำประปาในจังหวัดภาคใต้
โดยวิธีซิลเวอร์ไดอะไซด์ไดโธไอคาร์บาเมต

ผู้วิจัย

นายประคิษฐ์ มีสุข

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา

นางเสาวณี โทษบุกุล

ฝ่ายเคมีวิเคราะห์

สำนักงานทรัพยากรธรณีเขต 1 สงขลา

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา

ปีงบประมาณ 2532

หนังสือนี้เป็นสมบัติของสำนัก

หนังสือพิมพ์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา

หากถูกขโมยจะดำเนินการตามกฎหมาย

คำนำ

โครงการวิจัยเรื่อง "การวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูในน้ำประปาในเขตจังหวัดภาคใต้ โดยวิธีซิลเวอร์ไดเอทิลไดไฮโอคาร์บาเมต" นี้ เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูในสิ่งแวดล้อมในจังหวัดภาคใต้ โดยได้รับงบประมาณสนับสนุนจากเงินรายได้ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา ปีงบประมาณ 2532 เป็นเงิน 9,000.- บาท

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยดังกล่าว และขอขอบคุณสำนักงานทรัพยากรธรณีเขต 1 สงขลา ที่ได้อนุญาตให้ใช้เครื่องมือประกอบการวิจัย ขอขอบคุณนายอารีดิน ปากบารา ฝ่ายวิเคราะห์น้ำของสำนักงานประปาเขต 5 สงขลา ที่ช่วยนำทางเก็บตัวอย่างน้ำประปาจังหวัดต่าง ๆ และสุดท้ายขอขอบคุณโครงการบริการการศึกษาและศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา ที่ได้ช่วยพิมพ์และจัดทำรายงานฉบับนี้ขึ้นเผยแพร่

ประคิษฐ์ มีสุข

เสาวณี โพชนุกูล

การวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูในน้ำประปาในจังหวัดภาคใต้ โดยวิธีซิลเวอร์ไดเอตริล
ไดไฮไดรอการ์บาเมต

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูในน้ำประปาในจังหวัดภาคใต้ โดยเก็บน้ำประปาจำนวน 32 ตัวอย่าง จากการประปาในเขตรับผิดชอบของการประปาส่วนภูมิภาค เขต 4 สุราษฎร์ธานี และ เขต 5 สงขลา และจากการประปาเทศบาลบางแห่ง ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ในเขตจังหวัดภาคใต้ นำน้ำประปาดังกล่าวมาวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูด้วยวิธีซิลเวอร์ไดเอตริลไดไฮไดรอการ์บาเมต ในอาร์ซีนเจนเนเตอร์และหลอดดูดซับ วัดการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนของเงิน ด้วยอัลตราไวโอเลตวิชิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ชนิดลำรังสีคู่กับเซลล์ 1 เซนติเมตร ที่ 535 นาโนเมตร

ผลการวิเคราะห์พบว่าน้ำประปาในจังหวัดภาคใต้ มีสารหนูปนอยู่ 0-0.04 ppm ซึ่งยังไม่เกินมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด คือ มีได้ไม่เกิน 0.05 ppm

THE DETERMINATION OF ARSENIC IN THE TAP WATER
IN SOUTHERN PROVINCES BY SILVER DIETHYLDITHIOCARBAMATE METHOD

ABSTRACT

The aim of this research was to analyze the amount of arsenic in the tap water of the Southern provinces. Thirty-two samples of tap water were collected from the different water supply stations under the Office of Regional Water Supply Authorities in Region 4-Surathani, Region 5-Songkhla, and certain other municipal areas. The samples were analyzed for the quantity of arsenic using the silver diethyldithiocarbamate method in an arsine generator and an absorption tube. The light absorbance of the silver complex compound was measured by an ultraviolet-visible spectrophotometer which has a double beam and a one-centimeter cell at 535 nanometer.

The findings revealed that there was 0-0.04 ppm of arsenic in tap water in the Southern provinces. This amount, however, does not exceed 0.05 ppm, the maximum standard amount set by the World Health Organization.

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษาครั้งนี้	3
	ความสำคัญของการศึกษาครั้งนี้	3
	ขอบเขตของการศึกษาครั้งนี้	3
	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาครั้งนี้	4
บทที่ 2	ทฤษฎีและเครื่องมือที่ใช้ทดลอง	9
	ทฤษฎี	9
	เครื่องมือ	9
บทที่ 3	วิธีดำเนินการศึกษาครั้งนี้	15
	การเก็บตัวอย่างน้ำประปา	15
	สารที่ใช้ในการทดลอง	19
	วิธีการทดลอง	20
	การคำนวณหาปริมาณสารหนู	20
บทที่ 4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	23

	หน้า
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	26
สรุปผลการศึกษาค้นคว้า	27
อภิปรายผล	27
ข้อเสนอแนะ	28
บรรณานุกรม	30
ภาคผนวก	32

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงวันเดือนปีที่เก็บน้ำประปาตัวอย่าง	16
2 แสดงปริมาณสารหนูในน้ำประปาในเขตรับผิดชอบของสำนักงานการประปา เขต 4	23
3 แสดงปริมาณสารหนูในน้ำประปาในเขตรับผิดชอบของสำนักงานการประปา เขต 5	24
4 แสดงปริมาณสารหนูในน้ำประปาในจังหวัดภาคใต้	25

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 อาร์ซีเอ็มเจเนอเรเตอร์และหลอดคูคซ์	10
2 แผนภาพแสดงส่วนประกอบของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์	10
3 แผนภาพแสดงทางเดินของรังสีในสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ประเภทลำรังสีคู่ ..	12
4 ภาพแสดงการเก็บตัวอย่างน้ำประปา	18
5 ภาพแสดงขั้นตอนการทดลอง	21

ภูมิหลัง

สารหนูหรืออาร์เซนิก (Arsenic ; As) เป็นธาตุกึ่งโลหะ พบในรูปสารประกอบกระจายอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ เปลือกโลกมีสารหนุอยู่ประมาณ 5 กรัมต่อตัน แร่สารหนูที่สำคัญ ได้แก่ อาร์เซนไพไรต์ (Arsenopyrite ; FeAsS) เลลลิงไกต์ (Loellingite ; FeAs₂) อีนาไรต์ (Enargite ; Cu₃As₂S₇) รีอัลการ์ (Realgar ; As₂S₂) และอื่น ๆ อีกไม่น้อยกว่า 150 ชนิด¹

สารหนูเป็นธาตุที่ไม่จำเป็นสำหรับร่างกาย ตัวสารหนูเองและซัลไฟด์ของสารหนูไม่เป็นพิษ แต่สารประกอบอื่น ๆ ของสารหนูเป็นพิษอย่างแรงและก่อให้เกิดมะเร็งได้ เนื่องจากสารประกอบของสารหนูเป็นพิษอย่างแรงจึงใช้เป็นยาปราบศัตรูพืช เช่น ไซไค $Ca_3(AsO_4)_2$ ฆ่าแมลงที่ก่อความเสียหายแก่ต้นฝ้าย ไซ $Pb(AsO_4)_2$ ฆ่าแมลงที่ก่อความเสียหายแก่ต้นไม้ทั่วไป และไซ Na_3AsO_3 ฆ่าหรือปราบวัชพืช เป็นต้น

พิษของสารหนูต่อร่างกายมีสองลักษณะ คือ พิษเฉียบพลันและพิษเรื้อรัง

(1) พิษเฉียบพลัน ส่วนใหญ่เกิดจากการกินยาฆ่าแมลง มีอาการคอแห้ง กลืนได้ลำบาก อาเจียน ปวดท้อง ท้องเดินอย่างรุนแรง ชีคและเขียวลงอย่างรวดเร็ว ความดันโลหิตลดลง บัสสาวะมีสีขาว ตัวเย็น ปวดตามมือเท้า ปวดศีรษะ และอ่อนเพลีย ผู้ป่วยจะเสียชีวิตภายใน 24 ชั่วโมง

(2) พิษเรื้อรัง มีอาการอ่อนเพลีย ปวดท้อง ท้องเดินและท้องผูกสลับกัน บัสสาวะมีสีขาว เปลือกตาล่างบวม ผอมลง และมีจุดสีดำเกิดขึ้นตามผิวหนัง ผิวหนังแตก มีอาการทางประสาทและตับทำงานเสื่อมลง

เมื่อปี พ.ศ. 2512 เก. ไฮคอรน์² (K. Heydorn) นักเคมีชาวเดนมาร์กได้ศึกษา
ระดับสารหนูในเลือดของคนในไต้หวัน โดยเฉพาะผู้ป่วยที่อาศัยอยู่ในเมืองแบลคฟุต
(Blackfoot) เปรียบเทียบกับระดับสารหนูในคนเดนมาร์ก การตรวจสอบหาสารหนูใช้วิธี
นิวตรอนแอคติเวชันแบบทำลาย (destructive NAA) ผลการวิเคราะห์พบว่าระดับ
สารหนูในร่างกายของผู้ป่วยที่อยู่ในแบลคฟุต (เป็นโรคแบลคฟุต) สูงกว่าระดับสารหนูใน
ร่างกายของคนที่อยู่ในเดนมาร์ก ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำประปาสำหรับดื่มในเมืองแบลคฟุต
ไต้หวัน มีสารหนูเจือปนอยู่มากถึง 0.8 ppm* นั่นเอง (ปกติมีได้ไม่เกิน 0.05 ppm)

ต่อมาเมื่อปลายปี พ.ศ. 2530 ในประเทศไทย ประชากรที่อาศัยในท้องที่หมู่ที่ 12
ตำบลร้อนพิบูลย์ อำเภอร้อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราชป่วยเป็นโรคพิษสารหนูเรื้อรัง
ซึ่งชาวบ้านเรียกโรคใช้คำ จำนวน 235 คน ทั้งนี้เนื่องมาจากการดื่มน้ำในแหล่งน้ำในบ่อ
เหมืองแร่เก่า ซึ่งมีสารหนูเจือปนอยู่มากถึง 4.45 ppm และในช่วงปลายเดือนพฤศจิกายน
2531 เกิดอุทกภัยครั้งร้ายแรงที่สุดในภาคใต้ น้ำท่วมหลายจังหวัดรวมทั้งมีการละลายของ
ดินจากภูเขา ซึ่งหลายแห่งเคยเป็นแหล่งแร่ จึงอาจมีสารหนูกระจายปนเปื้อนตามแหล่งน้ำ
ต่าง ๆ ได้ เพราะปริมาณสารหนูในดินสามารถละลายสู่แหล่งน้ำ เมื่อนำน้ำจากแหล่งน้ำ
มาใช้ทำน้ำประปา อาจมีปริมาณสารหนูปนอยู่ด้วย เมื่อประชาชนดื่มน้ำประปานั้น สารหนูก็
จะเข้าไปสะสมในร่างกายและถ้าสะสมในร่างกายถึงขนาด**ก็สามารถแสดงอาการโรคพิษ
สารหนูได้ จึงควรศึกษาวิจัยหาปริมาณสารหนูในน้ำประปาที่ใช้ในจังหวัดภาคใต้ซึ่งมีเรื้อรัง
มาก เพื่อจะให้ทราบระดับสารหนู และหาทางแก้ไขการใช้น้ำประปาในจุดที่มีปริมาณสารหนู

* ppm หมายถึง ส่วนในล้านส่วน

** ปริมาณสะสมในร่างกายที่ดีถือว่าเป็นอันตรายนั้น ยังไม่มีการศึกษาแน่ชัด

ในระดับสูง อันเป็นการป้องกันการเกิดโรคพิษสารหนูต่อไป รวมทั้งการวิจัยในครั้งนี้จะทำให้ได้ข้อมูลส่วนหนึ่ง เพื่อศึกษาเรื่องปริมาณสารหนูในสิ่งแวดล้อมทางภาคใต้อีกด้วย

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อหาเทคนิควิธีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูในน้ำประปา โดยวิธีซิลเวอร์ไดอะซัลไฟด์ไอโอดิไดอะคาร์บอเนต
2. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูในน้ำประปาในเขตจังหวัดภาคใต้

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. ทำให้ทราบระดับปริมาณสารหนูในน้ำประปาที่ใช้ในเขตจังหวัดภาคใต้ของประเทศไทยเพื่อไว้เป็นข้อมูลอ้างอิงต่อไป
2. อาจได้ข้อมูลสำหรับเสนอแนะผู้เกี่ยวข้องและประชากรที่ใช้ น้ำประปาที่มีระดับสารหนูสูงให้ระมัดระวังบริโภคใช้น้ำสำหรับดื่มและหาทางเสนอแนะเกี่ยวกับการเลือกแหล่งน้ำเพื่อนำมาใช้ทำน้ำประปาให้เหมาะสมต่อไป
3. ให้ข้อมูลส่วนหนึ่งเพื่อประกอบการเรียนการสอนวิชา คม 351 และ คม 479 ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้ามุ่งขอบเขตดังนี้

1. ศึกษาปริมาณสารหนูในน้ำประปาจังหวัดภาคใต้ตามเขตรับผิดชอบของสำนักงานประปาส่วนภูมิภาคเขต 4 และเขต 5 (รวมทั้งจากการประปาเทศบาลบางแห่ง) รวม 32 ตัวอย่าง
2. วิเคราะห์หาปริมาณสารหนูโดยวิธีซิลเวอร์ไดอะซัลไฟด์ไอโอดิไดอะคาร์บอเนตและวัดความเข้มข้นของสีเทียบกับสารมาตรฐานด้วยการใช้อัลตราไวโอเล็ต-วิชิเบิลสเปกโทร-

โฟโตมิเตอร์ชนิดลำรังสีคู่

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า

เมื่อปี พ.ศ.2517 ประสิทธิ์ มีสุข⁵ วิเคราะห์หาปริมาณธาตุเซเลเนียม ทองแดง และสารหนู ในเลือดคู่บิวจากโลหิตจากโรงพยาบาลศิริราชและโรงพยาบาลรามาธิบดี กรุงเทพมหานคร จำนวน 40 ตัวอย่าง ด้วยวิธีนิวตรอนแอกติเวชันแบบทำลาย พบว่าในเลือด 1 กรัม มีสารหนูอยู่ 0.15 ไมโครกรัม ผลการวิเคราะห์สารหนูในเลือดคนไทยนี้แตกต่างจากผลการวิจัยในต่างประเทศ และในแต่ละผลการวิจัยของต่างประเทศก็แตกต่างกันมาก ทั้งนี้เพราะว่าเมื่อสารหนูเข้าสู่ร่างกายจะสะสมในร่างกายเป็นส่วนใหญ่ มีส่วนน้อยที่สกัดออกบ้างทางผิวหนัง เส้นผม และเล็บ ดังนั้นปริมาณสารหนูในร่างกายจึงขึ้นอยู่กับปริมาณสารหนูในสภาพแวดล้อม ดังที่ เค.ไซคอร์นได้ศึกษาระดับสารหนูในเลือดคนไต้หวัน และคนเคนซาร์กคังกล่าวแล้ว

ต่อมาปี พ.ศ.2525 มณฑา เศษกำแหง และเนาวรัตน์ ลีหะพันธุ์⁶ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ วิเคราะห์สารหนู แคดเมียม ทองแดง และสังกะสีในข้าวจำนวน 179 ตัวอย่าง โดยการอบรังสีนิวตรอนและแยกโดยวิธีแลกเปลี่ยนไอออน พบว่าข้าว 1 กรัม มีสารหนู 0.01-2.54 ไมโครกรัม ในปี 2526 มณฑา เศษกำแหง และเนาวรัตน์ ลีหะพันธุ์⁶ ร่วมกับกรมประมงวิเคราะห์หาปริมาณสารหนู แคดเมียม ทองแดง และสังกะสีในตัวอย่างหอยจากฟาร์มที่เลี้ยงในบริเวณอ่าวไทยจำนวน 36 ตัวอย่าง โดยใช้เทคนิคนิวตรอนแอกติเวชัน พบว่า หอย 1 กรัม มีสารหนูอยู่ 1.59-8.63 ไมโครกรัม ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2529 มณฑา เศษกำแหง และคณะ⁷ วิเคราะห์หาธาตุปริมาณน้อยในพืชผักจำนวน 71 ชนิด ธาตุที่ศึกษาได้แก่สารหนู แคดเมียม พรอท เซเลเนียม ทองแดง สังกะสี และตะกั่ว โดยวิธีนิวตรอนแอกติเวชัน และอะตอมิกแอบซอร์ปชัน (เฉพาะตะกั่ว) พบว่ามีสารหนูอยู่ 0.0055-0.0994 ppm

เมื่อต้นปี พ.ศ. 2530 สำนักงานประปาเขต 5 สงขลา ได้ส่งน้ำประปา ตัวอย่างจากการประปาสงขลาไปวิเคราะห์ที่กองควบคุมคุณภาพน้ำ การประปาส่วนภูมิภาค วิเคราะห์หาปริมาณสารหนู ตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง สังกะสี โครเมียม เซเลเนียม พรอท และโบรมีน โดยใช้อะตอมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ พบว่ามีสารหนูอยู่ 0.002 ppm ต่อมาปลายปี พ.ศ. 2530 พบว่าประชากรที่อาศัยอยู่ในห้องที่ หมู่ที่ 12 ตำบลร้อนพิบูลย์ อำเภอร้อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 235 คนป่วยเป็นโรคพิษสารหนูเรื้อรัง ซึ่งชาวบ้านเรียกว่าโรคไขค้ำ ซึ่งเป็นอาการของโรคผิวหนังมีสี บริเวณลำตัว เปลี่ยนเป็นสีค้ำ เข้มมีจุดสีน้ำตาลหรือค้ำสลับขาวขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วไป และจะพบผื่นนูนแข็งขนาดเล็ก ๆ ตามฝ่ามือฝ่าเท้า ผื่นนูนดังกล่าวจะเปลี่ยนกลายเป็น มะเร็งผิวหนังในที่สุด เฉพาะตำบลร้อนพิบูลย์พบผู้ป่วยเป็นไขค้ำมากที่สุดถึง 935 คน^๑ พบส่วนน้อยที่อำเภอชะอวดและอำเภอทุ่งสง กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวง วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงานให้ย้ายเครื่องอะตอมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโต มิเตอร์มาติดตั้งที่โรงพยาบาลมหาราช จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อวิเคราะห์น้ำผิวน้ำจาก บ่อน้ำคั้นและชุมชนเมืองซึ่งราษฎรใช้ในการบริโภค พบว่ามีสารหนูปนเปื้อนอยู่เกินกว่าเกณฑ์ ที่องค์การอนามัยโลกกำหนด (0.05 ppm) คือมีมากถึง 4.45 ppm (ปัจจุบันย้ายเครื่อง กลับไปที่กรมวิทยาศาสตร์บริการแล้ว) เมื่อราษฎรบริโภคน้ำที่มีสารหนูมากเกินกำหนดเข้าไปสะสมในร่างกายตั้งแต่ 1-20 ปี ก็จะแสดงอาการออกทางผิวหนัง การปนเปื้อนของสาร หนูในแหล่งน้ำบริเวณชุมชนตำบลร้อนพิบูลย์ อาจเกิดจากสาเหตุที่ว่า ที่ที่ราษฎรอาศัยอยู่เคย เป็นที่ตั้งโรงงานเหมืองแร่และโรงแต่งแร่มาก่อนเกือบ 60 ปี ปัจจุบันบริเวณรอบ ๆ อำเภอร้อนพิบูลย์ยังคงดำเนินกิจการโรงงานแต่งแร่อยู่ โรงงานแต่งแร่จะปล่อยน้ำล้างแร่ ซึ่งมีแร่อาร์เซนไฟไรต์ติดมาทั้งสะสมอยู่ในดินและชุมชนเมือง เมื่อผ่านกระบวนการสลายน้ำ ความธรรมชาติจะทำให้มีการสะสมสารหนูปริมาณสูงในผิวน้ำ และฝนจะชะล้างสารหนูลงสู่ แหล่งน้ำผิวน้ำ นอกจากนี้บริเวณอำเภอร้อนพิบูลย์เคยทำเหมืองแร่ที่บุกเป็นเวลานาน ใน สมัยนั้นก่อนนำแร่ที่บุกส่งออกไปยังตลาด จะย่างแร่โดยใช้หินเพื่อทำให้แร่แห้งเสียก่อนทำให้

สารหนูตกค้างอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว เมื่อผสมกับน้ำก็ละลายเจือปนอยู่ในแหล่งน้ำ รัฐบาลได้
ตั้งคณะกรรมการร่วมกับจังหวัดนครศรีธรรมราชเพื่อแก้ไขปัญหานี้ โดย

- 1) เฝ้าระวังการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารปนเปื้อนของสารหนูในแหล่งน้ำที่ราษฎรใช้บริโภค
เป็นประจำ
- 2) จัดหาแหล่งน้ำทดแทนให้ประชาชนใช้อุปโภค โดยจัดหาภาชนะเก็บน้ำฝน
และชุดเจาะบ่อน้ำบาดาล
- 3) จัดหาเครื่องกรองน้ำกำจัดพิษสารหนูแบบประหยัด
- 4) เฝ้า
ระวังการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างพืชผักชนิดใบและหัว เพื่อศึกษาปริมาณสารปนเปื้อนของสารหนู
- 5) บำบัดรักษาผู้ป่วยที่แสดงอาการออกทางโรคผิวหนัง โดยใช้ยาบำบัดอย่างต่อเนื่อง
- 6) ประชาสัมพันธ์อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ประชาชนเข้าใจอย่างถูกต้องว่า โรคใช้คำไม่เป็น
โรคติดต่อและสามารถรักษาให้หายได้ การแก้ปัญหาระยะยาวได้มีการแต่งตั้งคณะกรรมการ
ป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษของพิษอื่นที่เป็นอันตรายต่อราษฎรในระยะยาวขึ้น มี
รัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวงมหาดไทยเป็นประธาน ปลัดกระทรวงที่เกี่ยวข้อง 6 กระทรวง
หลักเป็นกรรมการ และอธิบดีกรมการปกครองเป็นกรรมการและเลขานุการ

ปลายเดือนพฤศจิกายน 2531 เกิดอุทกภัยครั้งร้ายแรงที่สุดในภาคใต้ของ
ประเทศไทย มีน้ำท่วมในพื้นที่หลายจังหวัดโดยเฉพาะจังหวัดสุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช
สงขลา พัทลุง ตรัง ยะลา และปัตตานี รวมทั้งมีการพังทลายของดินจากภูเขาท่อมบ้านเรือน
โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ตำบลกระตุน อำเภอพิปูน จังหวัดนครศรีธรรมราช จากอุทกภัยดังกล่าว
อาจทำให้มีสารหนูกระจายปนเปื้อนตามแหล่งน้ำต่าง ๆ รวมทั้งแหล่งน้ำที่ใช้ผลิตน้ำประปา
เพื่อการอุปโภคบริโภคด้วย ประกอบด้วยในช่วงปี 2531 นี้ นางเสาวณี โทษบุญถน นักวิจัย
ฝ่ายเคมีวิเคราะห์ สำนักงานทรัพยากรธรณีเขต 1 สงขลา ได้ออกแบบและพัฒนาอาร์ซินเจ
เนอเรเตอร์และหลอดดูดซับ เพื่อใช้วิเคราะห์หาสารหนูโดยวิธีซีลเวอร์โคเอซิดโคโฮ-
คาร์บาเมตได้สำเร็จ และใช้ได้ผลดีกับการทดลองที่ใช้สารตัวอย่างประมาณ 35 มิลลิกรัม
ผู้ศึกษาค้นคว้าจึงสนใจที่จะวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูในน้ำประปาในจังหวัดภาคใต้ และ

โดยที่การวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูเท่าที่กล่าวมาแล้ว มี 3 วิธี คือ

- 1) วิธีนิวตรอนแอกติเวชัน ซึ่งจำเป็นต้องทำที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ รวมทั้งต้องพัฒนาหาสารจับสารหนูก่อน วิธีนี้ใช้ค่าใช้จ่ายสูง
- 2) วิธีอะตอมิกแอบซอร์ชันสเปกโทรโฟโตเมตริก ต้องใช้กับอาร์ซินเจนเนอเรเตอร์ชุดมาตรฐาน ซึ่งมีราคาแพงมาก
- 3) วิธีซิลเวอร์ไดเอซัลไดไฮโอคาร์บาเมต ทำได้ในห้องปฏิบัติการทั่วไป

การวิเคราะห์ครั้งนี้ผู้ศึกษากันคว่าจึงเลือกใช้วิธีซิลเวอร์ไดเอซัลไดไฮโอคาร์บาเมต และใช้เครื่องอัลตราไวโอเลตสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ เพราะเป็นวิธีที่ใช้เครื่องมืออย่างง่ายซึ่งหน่วยควบคุมคุณภาพน้ำของการประปาเขตต่าง ๆ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

การอ้างอิง

¹ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. สารานุกรมธาตุ. 2525. หน้า 33.

²Heydorn, K. "Environmental Variation of Arsenic Levels in Human Blood," Clin. Chem. Acta. 28(2):356; 1970.

³"ภัย 'น้ำ' เหมืองแร่ภาคใต้ออกฤทธิ์ 'ใช้ค่า' ตายแล้ว" มติชน. 20 ธันวาคม 2530. หน้า 1, 13.

⁴ประติษฐ์ มีสุข การวิเคราะห์ธาตุเซเลเนียม ทองแดง และอาร์เซนิกในเลือด โดยวิธีนิวตรอนแอคติเวชัน. 2517 : หน้า 61.

⁵มณฑา เคชกำแหง และเนาวรัตน์ ลิ้มพะพันธุ์. "การวิเคราะห์สารหนู แคดเมียม ทองแดง และสังกะสีในข้าว โดยการอาบรังสีนิวตรอนและแยกโดยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน," ใน รายงานวิชาการประจำปี 2525. หน้า 32-33

⁶มณฑา เคชกำแหง และเนาวรัตน์ ลิ้มพะพันธุ์ "การวิเคราะห์ปริมาณสารหนู แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ในสารตัวอย่างหอยชนิดต่าง ๆ โดยเทคนิคของนิวตรอนแอคติเวชัน," ใน รายงานวิชาการประจำปี 2526. หน้า 12-16.

⁷วรรณ เชื้ออินทร์ และคนอื่น ๆ. "การวิเคราะห์ธาตุปริมาณน้อยในอาหารด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน," ใน รายงานวิชาการประจำปี 2529. หน้า 25-27.

⁸วสันต์ วรรณโรทร. "กรณีโรคใช้ค่างหวัดนครศรีธรรมราช," วารสารก้านัน ผู้ใหญ่บ้าน. 39(5) : 31-38 ; พฤษภาคม 2531.

⁹แหล่งเดิม. หน้า 33.

การวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูในน้ำประปาด้วยวิธีซิลเวอร์ไดโอไซด์ไอโอดีน
บาร์เมต

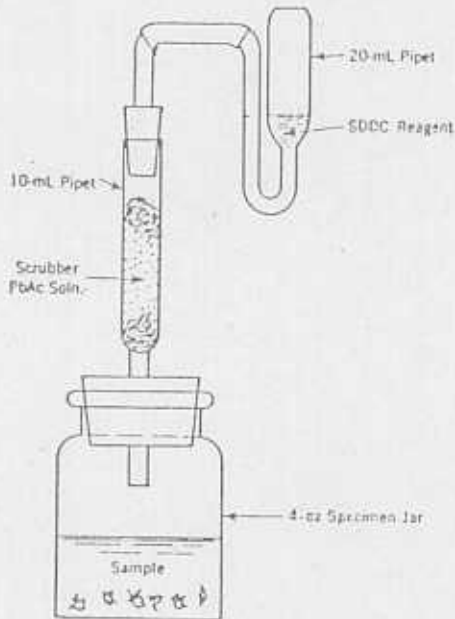
ทฤษฎี

เมื่อนำสารหนูอยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์ (As^{+5}) มาทำปฏิกิริยากับโลหะ
สังกะสีในกรดซึ่งบรรจุอยู่ในเจเนอเรเตอร์ สารหนูจะถูกรีดิวส์เป็นอาร์ซีน (AsH_3) ผ่าน
อาร์ซีนไปในหลอดดูดซับที่บรรจุสารละลายเคออะซีเตตในโยแกิร์ต เพื่อดูดซับก๊าซไฮโดรเจน
ซัลไฟด์ (H_2S) จากนั้นผ่านอาร์ซีนต่อไปยังหลอดบรรจุซิลเวอร์ไดโอไซด์ไอโอดีน
บาร์เมต ซึ่งละลายอยู่ในโพรีติน อาร์ซีนจะทำปฏิกิริยากับเกลือซิลเวอร์เกิดสารละลายเชิง
ซ้อนมีสีแดง สามารถวัดการดูดกลืนแสงที่ 535 นาโนเมตร (nm)

แม้ว่าในสารตัวอย่างจะมีโลหะโครเมียม โคบอลต์ ทองแดง พรอท โมลิบดีนัม
นิกเกิล ทองคำขาว และเงินปนอยู่ แต่ความเข้มข้นของโลหะเหล่านี้ในน้ำ ไม่มีผลต่อสีของ
สารละลายทั้งกล่าว ยกเว้นเกลือพลวงในสารตัวอย่าง จะเกิดสารสีแดง ดูดกลืนแสงสูงสุด
ในช่วงความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร¹

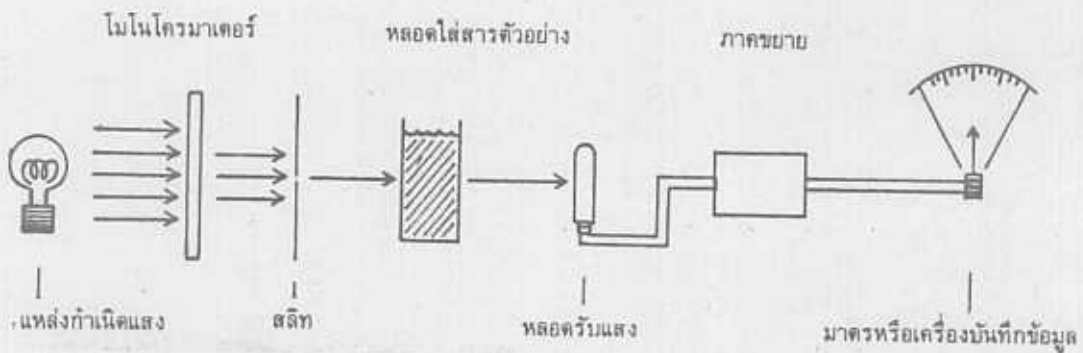
เครื่องมือ

- ก. อาร์ซีนเจเนอเรเตอร์ และหลอดดูดซับ
- ข. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง อัลตราไวโอเลต-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ชนิด
ลำรังสีคู่ สำหรับใช้ที่ 535 นาโนเมตร กับเซลล์ 1 เซนติเมตร ของ JASCO โมเดล
UVIDEC-610



รูปที่ 1 อาร์ซินเจนอเรเตอร์และหลอดคูคซ์²

สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดการดูดแสงที่มีความยาวคลื่นช่วงต่าง ๆ ของสารละลาย สเปกโทรโฟโตมิเตอร์มีหลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความละเอียดและช่วงความยาวคลื่นแสงที่ใช้ องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องมือชนิดนี้ได้แก่แหล่งกำเนิดรังสี ตัวเลือกช่วงคลื่นแสง ที่บรรจุสารละลายตัวอย่าง ตัววัดความเข้มของแสง สเกลบอกค่าการดูดแสง และอาจมีเครื่องบันทึกประกอบอยู่ด้วย



รูปที่ 2 แผนภาพแสดงส่วนประกอบของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์³

สเปกโทรโฟโตมิเตอร์มีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. แหล่งกำเนิดรังสี

แหล่งกำเนิดรังสีในสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่นิยมใช้กันแพร่หลายมีดังนี้

1) หลอดไฮโดรเจนและหลอดควิที่เรียกความดันต่ำ เป็นแหล่งกำเนิดรังสีต่อเนื่องที่ที่ดีที่สุด แต่ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 160-360 นาโนเมตร

2) หลอดทังสเตน ประกอบด้วยหลอดทังสเตนอยู่ในหลอดสูญญากาศ ซึ่งให้รังสีที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ช่วง UV ซึ่งใกล้ช่วงแสงที่มองเห็นได้ จนถึงช่วงใกล้ IR

2. โมโนโครมาเตอร์

โมโนโครมาเตอร์เป็นส่วนสำคัญในการกำหนดคุณภาพของสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ทำหน้าที่แยกลำรังสีที่มีความยาวคลื่นต่อเนื่องออกเป็นลำรังสีที่มีความยาวคลื่นเดียว ในช่วงแสงที่แลเห็นใช้อาจใช้ปริซึมแก้ว ส่วนในช่วง UV จำเป็นต้องใช้ปริซึมที่ทำด้วยควอตซ์

3. อุปกรณ์บันทึกสัญญาณ

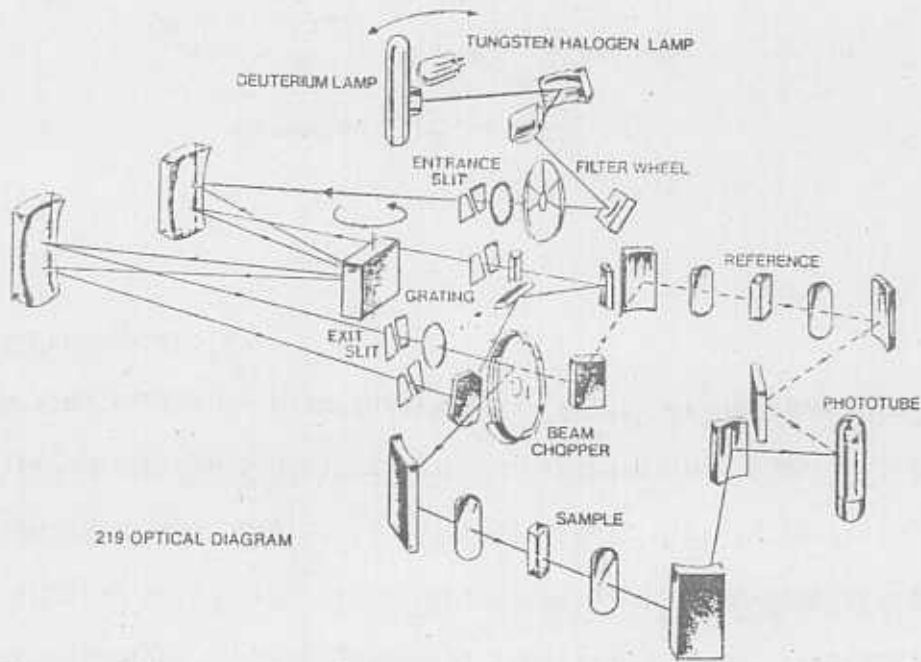
เมื่อลำรังสีความยาวคลื่นเดียวผ่านสารที่ต้องการวัดการดูดกลืนแสงแล้ว จะไปตกที่อุปกรณ์รับสัญญาณ ซึ่งให้ข้อมูลการดูดกลืนเป็นตัวเลข ต้องบันทึกข้อมูลแต่ละความยาวคลื่นในกระดาษกราฟ เส้นที่เชื่อมต่อกจุดต่าง ๆ คือสเปกตรัมนั่นเอง สำหรับสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่สามารถเปลี่ยนความยาวคลื่นเองโดยอัตโนมัติ จะมีอุปกรณ์บันทึกสัญญาณอยู่ด้วย สามารถบันทึกออกมาเป็นสเปกตรัมได้โดยตรง

4. ประเภทของสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

สเปกโทรโฟโตมิเตอร์อาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ชนิดลำรังสีเดี่ยวและไม่มีอุปกรณ์บันทึกสัญญาณ สามารถวัดสเปกตรัมทั้งในช่วง UV และช่วงที่แสงแลเห็นได้ ลำรังสีออกจากแหล่งกำเนิดรังสีผ่านโมโนโครมาเตอร์ (เลนส์และกระจกต่าง ๆ) ผ่านสารตัวอย่าง แล้วจึงเข้าสู่อุปกรณ์ตรวจรับสัญญาณ ทลอคเส้นทางของลำรังสีนี้มีลำรังสีเพียงลำเดียว

2) สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ชนิดลำรังสีคู่ ซึ่งใช้โมโนโครมาเตอร์แบบ double pass รังสีจะผ่านโมโนโครมาเตอร์สองครั้งด้วยกัน ทำให้ได้ลำรังสีความยาวคลื่นเดียวอย่างมีประสิทธิภาพและความละเอียดมากขึ้น เมื่อออกจากช่องทางออกแล้ว ลำรังสีจะไปสู่อุปกรณ์ตัดลำรังสีซึ่งในกรณีนี้เป็นแผ่นวงกลม ซึ่งครึ่งหนึ่งเป็นโลหะและอีกครึ่งหนึ่งเป็นช่องว่างอุปกรณ์นี้จะหมุนอยู่ตลอดเวลา เมื่อลำรังสีตกกระทบครึ่งวงกลมที่เป็นโลหะก็จะสะท้อนไปผ่านสารตัวอย่าง ในขณะที่ลำรังสีจะผ่านครึ่งวงกลมที่เป็นช่องว่างและทะลุไปผ่านสารอ้างอิง ด้วยวิธีการนี้ ลำรังสีลำเดียวที่ผ่านโมโนโครมาเตอร์จะถูกอุปกรณ์ตัดลำรังสีแยกออกเป็นลำรังสีสองลำที่มีความเข้มเท่ากันตลอดเวลา เมื่อลำรังสีทั้งสองนี้ไปตกกระทบ phototube ความแตกต่างของความเข้มจะกลายเป็นสัญญาณส่งต่อไปยังอุปกรณ์บันทึกสัญญาณต่อไป⁴



รูปที่ 3 แผนภาพแสดงทางเดินของรังสีในสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ประเภทลำรังสีคู่⁵

หลักการของการดูดแสง

เมื่อให้แสงผ่านสารละลายของสารที่ถูกแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ต้งไว้ แสงบางส่วนจะถูกสารดูดไว้ทำให้แสงที่ผ่านออกจากสารละลายมีความเข้มน้อยลง ซึ่งสามารถตรวจวัดได้ด้วยเครื่องวัดปริมาณแสงภายในเครื่อง และแสงออกมาทางหน้าปัด มีสเกลบอกทั้งเปอร์เซ็นต์ที่แสงผ่าน (% transmission) และค่าการดูดแสง (absorbance, A) ปริมาณแสงที่ถูกดูดไว้ขึ้นอยู่กับจำนวนโมเลกุลของสารที่ถูกแสงได้ตามทางที่แสงผ่าน ซึ่งเป็นไปตามกฎของเบียร์ (Beer's law) คือ

$$\text{ค่าการดูดแสง} = -\log \frac{I}{I_0} = Kcl$$

- เมื่อ I_0 = ความเข้มของแสงก่อนผ่านสารละลาย
 I = ความเข้มของแสงหลังจากผ่านสารละลาย
 K = ค่าคงที่ของการดูดแสง ซึ่งมีค่าเฉพาะสำหรับสารหนึ่ง ๆ และที่ช่วงคลื่นหนึ่ง ๆ
 c = ความเข้มข้นของสารละลาย
 l = ระยะทางที่แสงผ่านสารละลาย

ค่า K อาจกำหนดเป็น $E_{1\%}^{1\text{cm}}$ คือเป็นค่าการดูดแสงของสารละลายของสารที่มีความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และความยาวของระยะทางที่แสงผ่าน 1 เซนติเมตร หรืออาจกำหนดเป็น E_M หรือสัมประสิทธิ์การดูดแสงโมลาร์ คือค่าการดูดแสงของสารละลายที่มีความเข้มข้น 1 กรัมโมลต่อลิตร และความยาวของระยะทางที่แสงผ่าน 1 เซนติเมตร

นอกจากนี้การดูดแสงของสารอาจแสดงได้เป็นเปอร์เซ็นต์ที่แสงผ่าน ตามสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์แสงผ่าน} = \frac{I}{I_0} \times 100$$

จะเห็นว่าค่าการดูดแสงกับค่าเปอร์เซ็นต์แสงผ่าน ตรงข้ามกัน คือ ค่าการดูดแสง 0 หน่วย เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์แสงผ่าน และค่าการดูดแสง ∞ หน่วย เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์แสงผ่าน สเกลค่าดูดแสงเป็นสเกล log ส่วนเปอร์เซ็นต์แสงผ่านเป็น Linear โดยทั่วไปแล้วมักวัดเป็นค่าการดูดแสง ซึ่งเป็นปฏิภาคตรงกับความเข้มข้นของสารละลาย⁴

การอ้างอิง

¹ Greenberg, A.E., Trussell, R.R. and Chesceri, L.S. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 1985.

P. 174.

² Ibid.

³ ประดิษฐ์ มีสุข และ เกษม อัครวิรัตน์กุล. คู่มือปฏิบัติการชีวเคมี. 2529. หน้า 136.

⁴ วิชัย รั้วตระกูล และคนอื่น ๆ. การประยุกต์สเปกโตรสโกปีในเคมีอินทรีย์. 2526. หน้า 15.

⁵ แหล่งเดิม. หน้า 14.

⁶ ประดิษฐ์ มีสุข และ เกษม อัครวิรัตน์กุล. เล่มเดิม. หน้า 134.

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูในน้ำประปาในเขต
จังหวัดภาคใต้ โดยวิธีซิลเวอร์ไดโอดิไดโธคาร์บาเมต ซึ่งจะกล่าวถึงขั้นตอนของการ
ศึกษาค้นคว้าตามหัวข้อต่อไปนี้

1. การเก็บตัวอย่างน้ำประปา
2. สารที่ใช้ในการทดลอง
3. วิธีการทดลอง
4. การคำนวณหาปริมาณสารหนู

การเก็บตัวอย่างน้ำประปา

เก็บน้ำประปาตัวอย่างจากถังจ่ายน้ำในเขตรับผิดชอบของสำนักงานการประปา
ส่วนภูมิภาคเขต 4 และเขต 5 (รวมทั้งจากการประปาเทศบาลบางแห่ง) ตามวัน เดือน
ปี ในตาราง 1 โดยเก็บน้ำตัวอย่างประมาณตัวอย่างละ 750 มิลลิลิตร ใส่ขวดพลาสติกที่
สะอาดเติมกรดไนตริกเข้มข้น 1.5 มิลลิลิตร เพื่อป้องกันมิให้สารหนูในน้ำประปาตัวอย่าง
สลายตัวหรือตกตะกอน แล้วเก็บไว้ในตู้เย็น

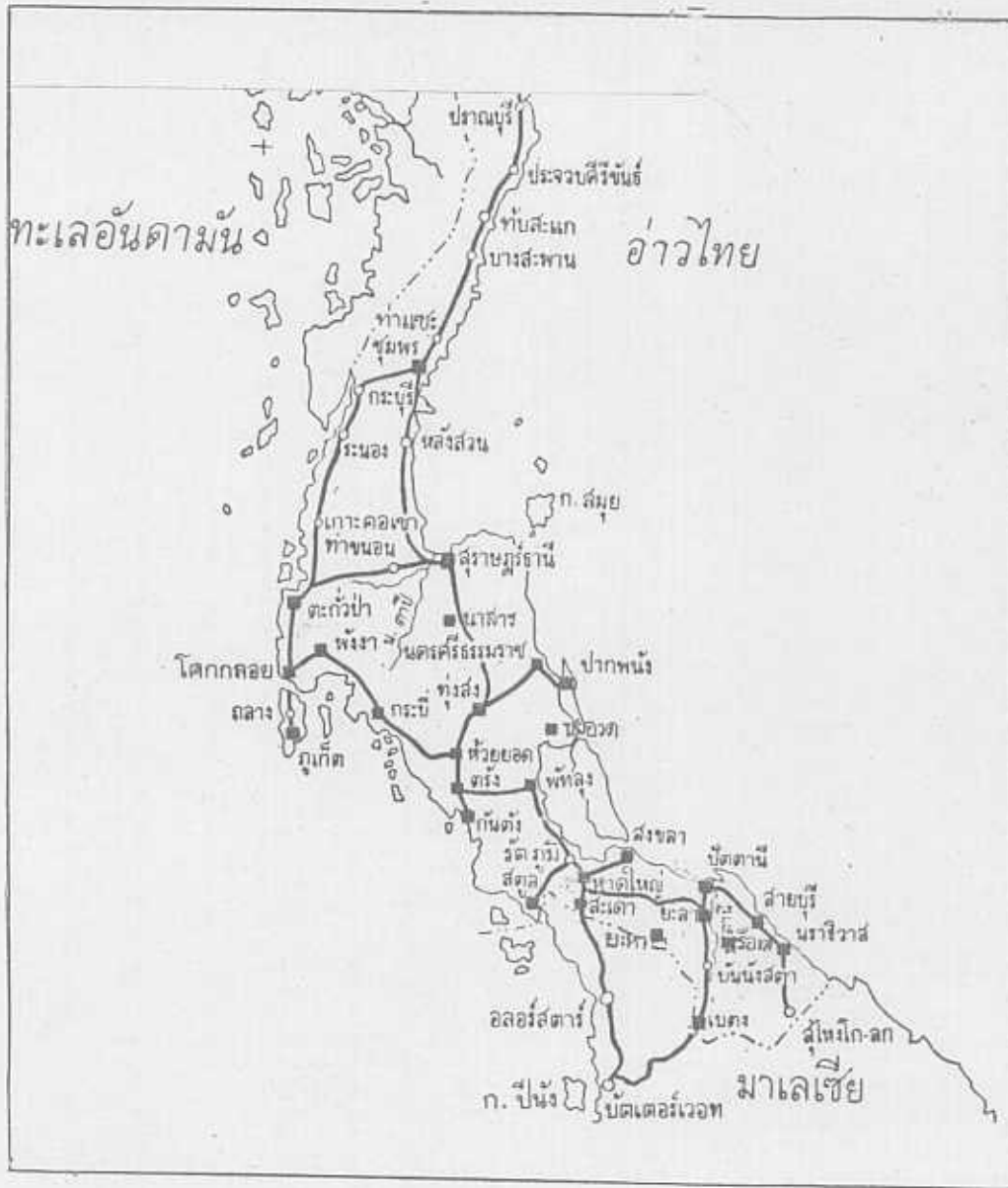
ตาราง 1 แสดง วัน เดือน ปี ที่เก็บน้ำประปาตัวอย่าง

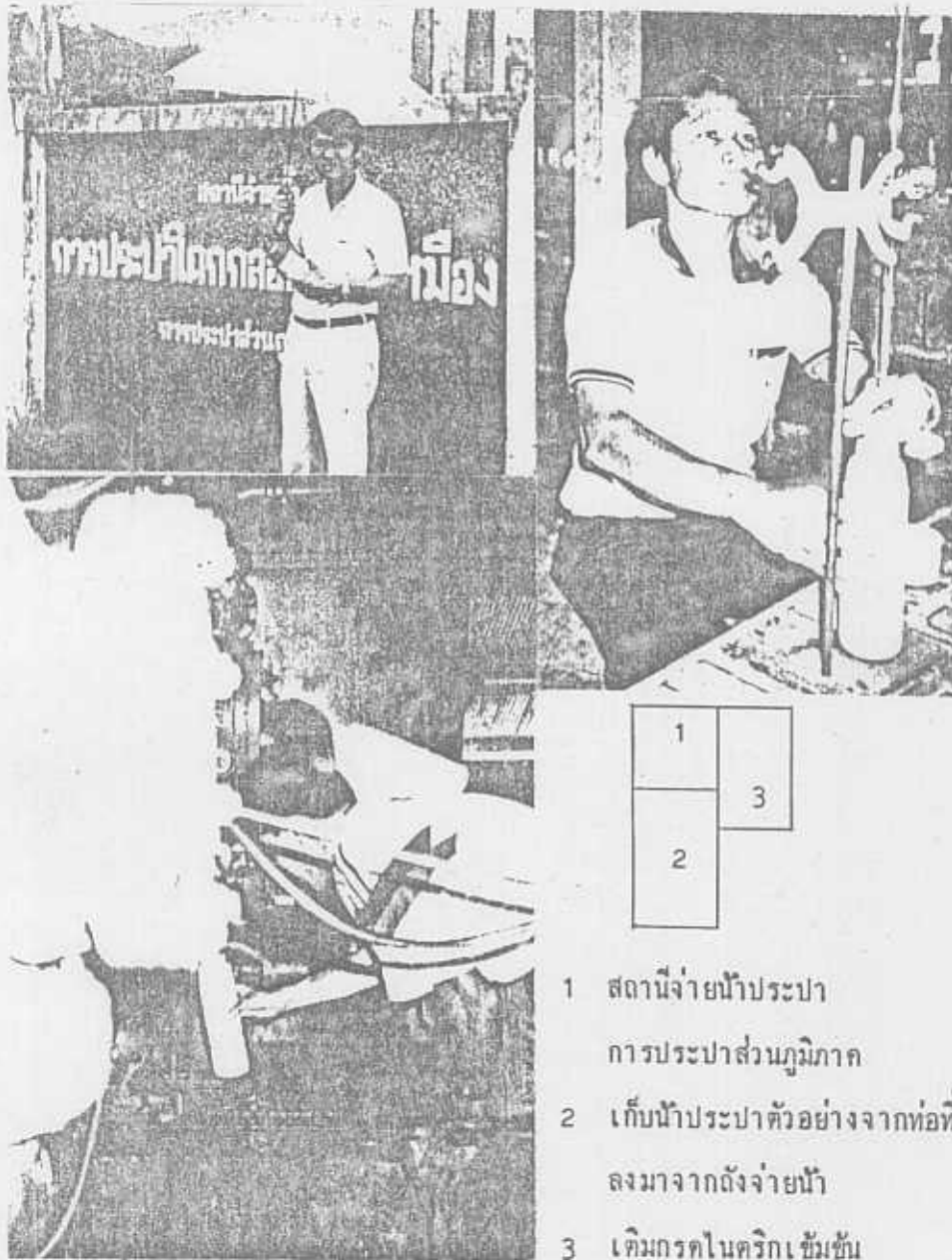
วัน/เดือน/ปี	ชื่อการประปาที่เก็บน้ำประปาตัวอย่าง
30 เม.ย. 32	พะตง-พังลา สะเคา หาดใหญ่ สตุล ย่านตาขาว ตรัง กันตัง ห้วยยอด พัทลุง
5 พ.ค. 32	ปัตตานี* สายบุรี นราธิวาส รือเสาะ ยะลา* เบตง ยะหา
19 พ.ค. 32	กระบี่ พังงา วค.ภูเก็ต ห้ายเหมือง-โคกกลอย
20 พ.ค. 32	ห้ายเหมือง ตะกั่วป่า สุราษฎร์ธานี นาสาร ปากแพรง หุ้งสง ชะอวด
24 พ.ค. 32	สงขลา มศว สงขลา (ที่บ้านพัก)
20 มิ.ย. 32	นครศรีธรรมราช* ปากพั่น

* ชื่อการประปาเทศบาล

น้ำประปาจากการประปาสุโขทัย หนอง เขียวหลาน และหลังสวน มิได้
เก็บตัวอย่างมาทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากมีงบประมาณจำกัด ไม่สามารถเดินทางไปเก็บ
ตัวอย่างได้

แผนที่แสดงจุดเก็บน้ำประปาตัวอย่างจากการประปาส่วนภูมิภาคเขต 4 และเขต 5 และ
การประปาเทศบาลบางแห่ง





รูปที่ 4 ภาพแสดงการเก็บน้ำประปาตัวอย่าง

สารที่ใช้ในการทดลอง

1. กรดไนตริกเข้มข้น
2. กรดเกลือเข้มข้น
3. สารละลาย KI เตรียมโดยละลาย KI 15 กรัมในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
เก็บไว้ในขวดสีน้ำตาล
4. นํ้ายาสนทนํ้าสกลอไรด์ (SnCl_2) เตรียมโดยละลาย $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ที่ปราศจากสารหนู 40 กรัม ในกรดเกลือเข้มข้น 100 มิลลิลิตร
5. สารละลายเลคอะซีเตต ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) เตรียมโดยละลาย $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 10 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
6. นํ้ายาซิลเวอร์ไธโอเอซิลไธโอไอคาร์บาเมต เตรียมโดยละลาย $\text{AgSCSN}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ 1 กรัมในโพวิทีน 200 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีน้ำตาล
7. สังกะสี ใช้เม็คโลหะสังกะสีบริสุทธิ์ ซึ่งปราศจากสารหนู
8. สารละลายสตอกอาร์เซนิก เตรียมโดยละลายอาร์เซนิกไดออกไซด์ (As_2O_3) 1.320 กรัม ในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ซึ่งมี NaOH 4 กรัม เติมนํ้ากลั่นให้ปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร จะได้สารละลาย 1.00 มิลลิลิตร = อาร์เซนิก 1.00 มิลลิกรัม
9. สารละลายอาร์เซนิกอินเทอมีเคียต เตรียมโดยเจือจางสารละลายสตอกอาร์เซนิก 5 มิลลิลิตร เป็น 500 มิลลิลิตร ด้วยนํ้ากลั่น จะได้สารละลาย 1.00 มิลลิลิตร = อาร์เซนิก 10.0 ไมโครกรัม
10. สารละลายอาร์เซนิกมาตรฐาน เตรียมโดยเจือจางสารละลายอาร์เซนิกอินเทอมีเคียต 10.00 มิลลิลิตร เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยนํ้ากลั่นจะได้สารละลาย 1.00 มิลลิลิตร = อาร์เซนิก 1.00 ไมโครกรัม

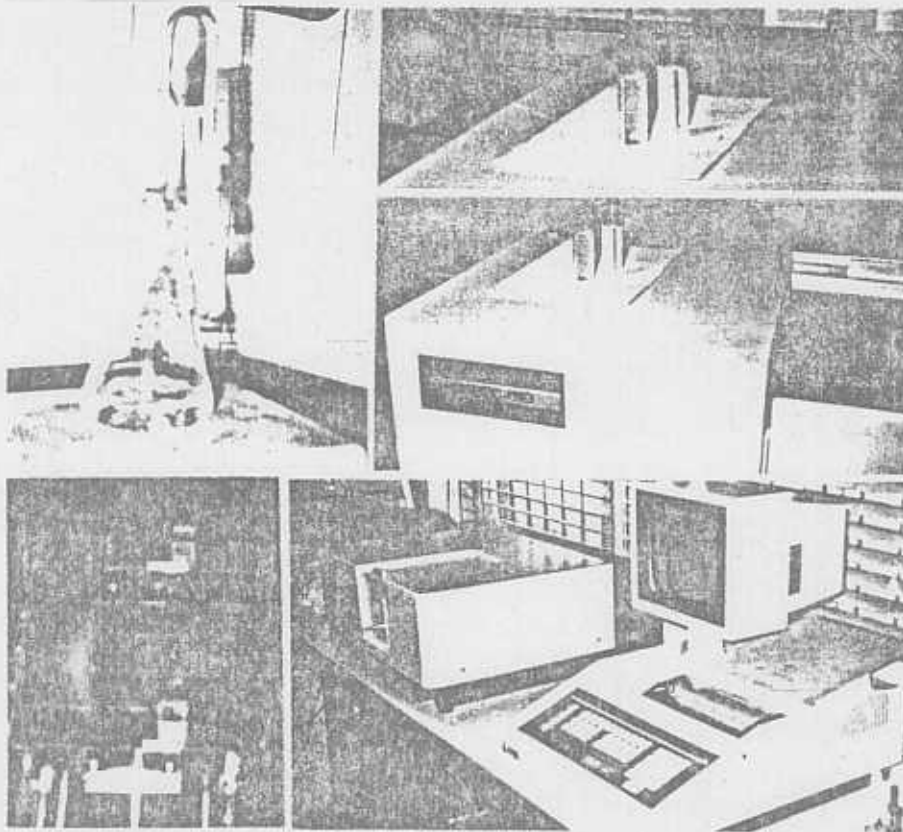
วิธีการทดลอง

1. นำขวคเจเนอเรเตอร์ ค่อกับหลอดช่วงกลาง (หลอดดูดซับ H_2S) ซึ่งมีใยแก้วที่ขุบสารละลายเลคอะซีเตตบรรจุอยู่ และต่อเข้ากับหลอดช่วงที่สามซึ่งบรรจุน้ำยาซิลเวอร์โคเอธิลโคโฮคาร์บาเมต 5.00 มิลลิลิตร
2. บีบน้ำประปาตัวอย่าง 35 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวคเจเนอเรเตอร์ เติมกรดเกลือเข้มข้น 5 มิลลิลิตร สารละลาย KI 15% 2.0 มิลลิลิตร และสารละลายสแตนท์สกลอไรด์ 8 หยด เขย่าขวคให้สารละลายผสมกันและตั้งทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที
3. เติมเม็กละหะสังกะสีบริสุทธิ์ 3 กรัม ลงในสารละลาย ในขวคเจเนอเรเตอร์ สอดหลอดดูดซับ H_2S เข้ากับขวคเจเนอเรเตอร์ ตั้งทิ้งไว้ 30-40 นาที สารหนู (As^{+5}) จะเปลี่ยนเป็นอาร์ซีนอย่างสมบูรณ์ อุณหภูมิขวคเจเนอเรเตอร์เบา ๆ จนแน่ใจว่าอาร์ซีนออกมาทั้งหมด อาร์ซีนจะทำปฏิกิริยากับน้ำยาซิลเวอร์โคเอธิลโคโฮคาร์บาเมต ให้สารประกอบเชิงซ้อนมีสีแดง
4. นำสารสีแดงใส่ลงในเซลล์ 1 เซนติเมตร นำไปวัดการดูดแสงที่ 535 นาโนเมตร และใช้น้ำยาเปล่า ๆ เป็นหลอดอ้างอิง โดยใช้เครื่องอัลตราไวโอเลทวิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ชนิดลำรังสีคู่ ของ JASCO โมเดล UVIDEC-610
5. เตรียมเส้นกราฟมาตรฐาน (Standard curve) ใช้สารละลายอาร์ซีนิกมาตรฐานปริมาณต่าง ๆ คือ 0, 1.0, 3.0, 5.0 และ 7.0 ไมโครกรัม ในสารละลาย 35.0 มิลลิลิตร ทดลองตามวิธีการทดลอง ข้อ 2., 3., และ 4 เขียนกราฟค่าการดูดแสงกับค่าความเข้มข้นของสารหนูมาตรฐาน ตั้งตัวอย่างในภาคนวน

การคำนวณหาปริมาณสารหนู

หาปริมาณสารหนูในสารตัวอย่างเทียบกับการดูดแสงจากเส้นกราฟมาตรฐานแล้วคำนวณหาปริมาณสารหนูหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร หรือจำนวนส่วนในล้านส่วน (ppm) ได้จากสมการต่อไปนี้¹

$$\text{mg As/l} = \frac{\mu\text{g As (ในปริมาตรสุดท้าย 5.00 มิลลิลิตร)}}{\text{จำนวนมิลลิลิตรของสารตัวอย่าง}}$$



1. บรรจุสารลงในชุดอาร์ซินเจนเนอเรเตอร์และหลอดดูดซับแล้วตั้งบน
แผ่นร้อน

1	2
	3
4	5

2. เซลล์ 1 เซ็นติเมตรบรรจุสารเชิงซ้อนเกลือเงินจากสารตัวอย่าง
และสารอ้างอิง (SDDC)

3. เตรียมบรรจุเซลล์ลงในเครื่องอัลตราสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

4. บรรจุเซลล์ทั้งสองลงในที่บรรจุเซลล์สารตัวอย่าง และ เซลล์อ้างอิง ตามลำดับ

5. วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายเชิงซ้อนเกลือเงิน

รูปที่ 5 ภาพแสดง ขั้นตอนการทดลอง

การอ้างอิง

¹Greenberg A.E., Trussell, R.R. and Clesceri, L.S. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 1985.p.175

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูในน้ำประปาในจังหวัดภาคใต้ ในเขตรับผิดชอบของสำนักงานประปาส่วนภูมิภาคเขต 4 และเขต 5 รวมทั้งการประปาของเทศบาลบางแห่ง แสดงตามตาราง 2 และตาราง 3 ตามลำดับ

ตาราง 2 แสดงปริมาณสารหนูในน้ำประปาในเขตรับผิดชอบของสำนักงานการประปา เขต 4 สุราษฎร์ธานี และ การประปาเทศบาลบางแห่ง

ชื่อการประปา	ผลการวิเคราะห์ ปริมาณสารหนู(ppm)	ชื่อการประปา	ผลการวิเคราะห์ ปริมาณสารหนู(ppm)
กระบี่	ตรวจไม่พบ	ว.ค.ภูเก็ต	0.02
พังงา	ตรวจไม่พบ	นาสาร	0.02
ท้ายเหมือง-โคกกลอย	ตรวจไม่พบ	ชะอวด	0.02
ท้ายเหมือง	ตรวจไม่พบ	ทุ่งสง	0.03
ตะกั่วป่า	ตรวจไม่พบ	ชุมพร	0.03
สุราษฎร์ธานี	ตรวจไม่พบ	นครศรีธรรมราช*	0.04
ปากแพรง	0.01	ปากพนัง	0.04

* ชื่อการประปาเทศบาล

ตาราง 3 แสดงปริมาณสารหนูในน้ำประปา ในเขตรับผิดชอบของสำนักงาน
การประปาเขต 5 สงขลา และการประปาเทศบาลบางแห่ง

ชื่อการประปา	ผลการวิเคราะห์ ปริมาณสารหนู(ppm)	ชื่อการประปา	ผลการวิเคราะห์ ปริมาณสารหนู(ppm)
มศว สงขลา	ตรวจไม่พบ	ยะหา	0.03
สงขลา	ตรวจไม่พบ	ยะลา *	0.03
หาดใหญ่	0.01	เบตง	0.03
สตูล	0.01	นราธิวาส	0.03
ห้วยยอด	0.01	รือเสาะ	0.03
ศรีนครินทร์	0.01	สะเตง	0.03
สายบุรี	0.01	กันตัง	0.03
ปัตตานี *	0.01	พัทลุง	0.03
ย่านตาขาว	0.02	พะตง-พังงา	0.04

* ชื่อการประปาเทศบาล

จากข้อมูลในตาราง 2 และ 3 สรุปตามระดับปริมาณสารหนูที่วิเคราะห์ได้ดังนี้

1. น้ำประปาในเขตจังหวัดภาคใต้ มีสารหนูอยู่ในช่วง 0-0.04 ppm
2. น้ำประปาที่วิเคราะห์ไม่พบสารหนู (หรือพบในระดับน้อยกว่า 0.01 ppm)
ได้แก่ น้ำประปาจากการประปากระบี่ พังงา ห้วยเหมือง-โคกกลอย ห้วยเหมือง ตะกั่วป่า
สุราษฎร์ธานี และสงขลา

3. น้ำประปาที่วิเคราะห์พบว่ามีสารหนู ระดับ 0.01 ppm ได้แก่ น้ำประปาจากการประปาปากแพรก หาดใหญ่ สายบุรี สตูล ห้วยยอด ตรัง และปัตตานี
4. น้ำประปาที่วิเคราะห์พบว่ามีสารหนู ระดับ 0.02 ppm ได้แก่ น้ำประปาจากการประปา ว.ค.ภูเก็ต นาสาร ชะอวด และย่านตาขาว
5. น้ำประปาที่วิเคราะห์พบว่ามีสารหนู ระดับ 0.03 ppm ได้แก่ น้ำประปาจากการประปาชุมพร หุ่นสง ยะหา ยะลา เบตง นราธิวาส รือเสาะ สะเตา กันตัง และพัทลุง
6. น้ำประปาที่วิเคราะห์พบว่ามีสารหนู ระดับ 0.04 ppm ได้แก่ น้ำประปาจากการประปานครศรีธรรมราช ปากหนัง และพะตง-พังลา

ตาราง 4 แสดงปริมาณสารหนูในน้ำประปาในเขตจังหวัดภาคใต้

ชื่อการประปา	ผลการวิเคราะห์ ปริมาณสารหนู (ppm)
กระบี่ หังงา ห้ายเหมือง-โคกกलय ห้ายเหมือง ตะกั่วป่า สุราษฎร์ธานี สงขลา	< 0.01
ปากแพรก หาดใหญ่ สายบุรี สตูล ห้วยยอด ตรัง ปัตตานี	0.01
ว.ค.ภูเก็ต นาสาร ชะอวด ย่านตาขาว	0.02
ชุมพร หุ่นสง ยะหา ยะลา เบตง นราธิวาส รือเสาะ สะเตา กันตัง พัทลุง	0.03
นครศรีธรรมราช ปากหนัง พะตง-พังลา	0.04

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูในน้ำประปาในเขตจังหวัดภาคใต้ ซึ่งมีแร่อยู่มาก โดยใช้วิธีซิลเวอร์ไดเอทิลไดโธโอคาร์บาเมต

กลุ่มตัวอย่าง

ใช้น้ำประปาตัวอย่างที่เก็บจากถังจ่ายน้ำของการประปาในเขตรับผิดชอบของการประปาส่วนภูมิภาค เขต 4 (ยกเว้นการประปาสุโขทัย) และการประปาส่วนภูมิภาค เขต 5 (ยกเว้นการประปา ระนอง เขียวหวาน และหลังสวน) และจากการประปาเทศบาลบางแห่ง รวม 32 ตัวอย่าง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

1. เครื่องแก้วชุดอาร์ซินเจนเนอเรเตอร์ และหลอดดูดซับ
2. อัลตราไวโอเลทวิชิเบลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ชนิดลำรังสีคู่ กับเซลล์ 1

เซ็นติเมตร

วิธีดำเนินการ

นำน้ำประปาตัวอย่างมาทำปฏิกิริยากับโลหะสังกะสีในกรรกเกลือในเจเนอเรเตอร์ สารหนูในรูป As^{+5} จะถูกรีดิวส์เป็นอาร์ซิน ผ่านอาร์ซินไปยังหลอดดูดซับที่บรรจุสารละลายเลคอะซีเตตในใยแก้ว แล้วผ่านอาร์ซินต่อไปยังหลอดบรรจุซิลเวอร์ไดเอทิลไดโธโอคาร์บาเมตซึ่งละลายอยู่ในโพรีคีน อาร์ซินจะเกิดปฏิกิริยากับเกลือซิลเวอร์ เป็นสารละลายเชิงซ้อนมีสีแดง วัดการดูดกลืนแสงของสารละลายดังกล่าว ที่ 535 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง

อุตสาหกรรมโวลเทอโรมิเตอร์ชนิดอาร์รังสีคู่ เทียบกับสารละลายที่ได้จากการใช้สารละลายสารหนูมาตรฐาน แล้วคำนวณหาปริมาณสารหนูในน้ำประปาตัวอย่าง

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่า น้ำประปาในเขตจังหวัดภาคใต้มีสารหนูปนอยู่ 0-0.04 ppm โดยแยกตามระดับปริมาณสารหนูที่ตรวจพบ และแหล่งน้ำประปาจากการประปาต่าง ๆ ดังนี้

น้ำประปาจากการประปากระบี่ พังงา ห้วยเหมือง-โคกกลอย ห้วยเหมือง ตะกั่วป่า สุราษฎร์ธานี และสงขลา ตรวจไม่พบสารหนู

น้ำประปาจากการประปาปากแพรง หาดใหญ่ สายบุรี สตูล ห้วยยอด ตรัง และปัตตานี พบว่ามีสารหนูอยู่ 0.01 ppm

น้ำประปาจากการประปา วค.ภูเก็ต นาสาร ชะอวด และย่านตาขาว พบว่ามีสารหนู 0.02 ppm

น้ำประปาจากการประปาชุมพร หุ่นสง ยะหา ยะลา เบตง นราธิวาส รือเสาะ กันตัง และพัทลุง พบว่ามีสารหนูอยู่ 0.03 ppm

น้ำประปาจากการประปานครศรีธรรมราช ปากพนัง และพะตง-พังงา พบว่ามีสารหนูอยู่ 0.04 ppm

อภิปรายผล

1. จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ พบว่าน้ำประปาในจังหวัดภาคใต้มีสารหนูปนอยู่ 0-0.04 ppm ซึ่งยังไม่เกินมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด (0.05 ppm) แต่น้ำประปาจากการประปานครศรีธรรมราช ปากพนัง และพะตง-พังงา มีสารหนูอยู่ 0.04 ppm ควรได้รับการเฝ้าระวังติดตามและตรวจสอบอยู่เสมอ

สำหรับน้ำประปาจากการประปาพตง-พังลา นั้น ก่อนวันเก็บตัวอย่างน้ำประปา ผันตกหนักทำให้แหล่งน้ำดิบจากคลองสะเคาที่นำมาทำน้ำประปาขุ่นมาก เหนือปริมาณสารส้ม ในการตกตะกอนน้ำดิบน้อยไป น้ำประปาจึงยังมีลักษณะขุ่น จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้พบ สารหนูมากกว่าแหล่งอื่น สรุปลแล้วปริมาณสารหนูในน้ำประปาอาจเนื่องมาจากแหล่งน้ำดิบที่ นำมาทำน้ำประปา อาจมีสารหนูปนเปื้อนมาก หรือเนื่องจากกรรมวิธีในการทำน้ำประปา เช่น ตกตะกอนไม่สมบูรณ์ เป็นต้น

2. น้ำประปาจากการประปากระบี่ พังงา ห้ายเหมือง-โคกกลอย ห้ายเหมือง ตะกั่วป่า สุราษฎร์ธานี และสงขลา มีปริมาณสารหนูน้อยกว่า 0.01 ppm จึงไม่สามารถ วิเคราะห์ได้ด้วยวิธีนี้ นับเป็นข้อจำกัดของการวิเคราะห์สารหนูด้วยวิธีซิลเวอร์ไดโครโอคาร์- บามาเมต โดยการวัดความเข้มของสีในสารเชิงซ้อนด้วยเครื่องอัลตราไวโอเลตวิซิเบิลสเปก- โทโรโฟโตมิเตอร์

3. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูด้วยวิธีซิลเวอร์ไดโคริลไดโครโอคาร์บามาเมต นี้ อาจมีข้อผิดพลาดอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาของปริมาณพลวงในน้ำประปาตัวอย่าง ถ้า น้ำ ประปาตัวอย่างมีพลวงปนอยู่ด้วยก็จะเกิดปฏิกิริยาตุกริวีสเป็นสติบีน (Stibine; SbH_3) ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยากับเกลือซิลเวอร์ เป็นสารประกอบเชิงซ้อนมีสีแดง (ภายใต้สภาวะการ หลอกลวงเดียวกัน) ซึ่งถูกแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร¹ อาจทำให้ปริมาณ สารหนูที่ตรวจพบมีค่ามากกว่าความเป็นจริงตามปริมาณพลวงที่ปนอยู่ในน้ำประปา แต่ปกติ น้ำ ประปาทั่วไปมีพลวงปนอยู่น้อยมาก จึงทำให้เกิดข้อผิดพลาดไม่มากนัก

ข้อเสนอแนะ

1. ควรวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในแหล่งน้ำดิบที่นำมาทำน้ำประปา ของการประปา ค่าง ๆ ในเขตจังหวัดภาคใต้ ซึ่งมีแร่อยู่มาก เพื่อจะได้ทราบปริมาณแน่ชัด รวมทั้งหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารหนูในแหล่งน้ำดิบและในน้ำประปา ซึ่งจะเชื่อมโยงกับกระบวนการ ทำน้ำประปา และการขจัดสารหนูในน้ำดิบด้วย

2. จากการเดินทางออกเก็บตัวอย่างน้ำประปาในจังหวัดต่าง ๆ พบว่าร้านอาหารในตลาดบางแห่ง เช่น ในตลาดนัดคานี และตลาดพังงา ยังใช้น้ำบ่อสำหรับอุปโภคและบริโภคอยู่ควรหาทางศึกษาและตรวจสอบระดับปริมาณสารหนูในโอกาสต่อไป

3. น้ำประปาตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ในครั้งนี้ ส่วนใหญ่เป็นน้ำประปาจากประปาเขตภายใต้ความรับผิดชอบของการประปาเขต 4 และ 5 ยังมีการประปาของเทศบาลและสุขาภิบาลอีกจำนวนมาก ซึ่งควรจะได้ศึกษาและตรวจสอบระดับปริมาณสารหนูด้วย

4. ควรศึกษาปริมาณสารหนูในแหล่งน้ำอื่นที่ใช้เป็นประโยชน์ในทางการเกษตร ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์การเกษตรและระบบนิเวศวิทยาของพืชและสัตว์น้ำ แหล่งแรกที่ควรศึกษาคือทะเลสาบสงขลา ซึ่งครอบคลุมพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา ทะเลสาบสงขลาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือทะเลสาบตอนนอก ทะเลสาบตอนใน และทะเลน้อย มีระบบนิเวศที่ให้ผลผลิตทั้งพืชและสัตว์น้ำนาชนิด สำหรับเลี้ยงประชากรประมาณ 1.25 ล้านคน ที่อาศัยอยู่รอบลุ่มน้ำทะเลสาบแห่งนี้ ปัจจุบันมีการขยายตัวของเมืองหลัก มีการสร้างท่าเรือน้ำลึก และมีการขยายตัวของอุตสาหกรรมรอบ ๆ ทะเลสาบ ซึ่งล้วนก่อให้เกิดปัญหามลภาวะแก่ทะเลสาบอย่างมาก

การอ้างอิง

¹Greenberg, A.E., Trussell, R.R. and Clesceri, L.S. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 1985. P. 173.

²สำนักวิจัยและพัฒนา. "สรุปแผนและภาพรวมการพัฒนาลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา," ใน เอกสารการสัมมนาเรื่องแนวทางการใช้ประโยชน์จากลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา. 2532. หน้า 1.

บรรณานุกรม

- ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. สารานุกรมธาตุ. กรุงเทพฯ : โอเคียนสโตร์, 2525.
- ประคิษฐ์ มีสุข. การวิเคราะห์ธาตุเซเลเนียม ทองแดง และอาร์เซนิกในเลือด
โดยวิธีิวโตรอนแอกติเวชัน. ปรินทูปาณิช กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2517. อักสำเนา.
- ประคิษฐ์ มีสุข และเกษม อัครวีรรัตนกุล. คู่มือปฏิบัติการชีวเคมี. กรุงเทพฯ :
โอเคียนสโตร์, 2529.
- "ภัย 'น้ำ' เหมืองแร่ภาคใต้ ออกฤทธิ์ 'ใช้คำ' ตายแล้ว 1," มติชน. 20 ธันวาคม
2530 หน้า 1, 13.
- มณฑา เลขกำแหง และเนาวรัตน์ ลีหะพันธุ์. "การวิเคราะห์ปริมาณสารหนู แคดเมียม
ทองแดง และสังกะสี ในตัวอย่างหอยชนิดต่าง ๆ โดยเทคนิคของนิวตรอน
แอกติเวชัน," ใน รายงานวิชาการประจำปี 2526. หน้า 12-16.
กรุงเทพฯ : สำนักงานผลงานปรมณเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและการพลังงาน, 2526. อักสำเนา.
- มณฑา เลขกำแหง และเนาวรัตน์ ลีหะพันธุ์. "การวิเคราะห์สารหนู แคดเมียม ทองแดง
และสังกะสีในข้าวโดยการอบนิวตรอนและแยกโดยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน,"
ใน รายงานวิชาการประจำปี 2525. หน้า 32-33. กรุงเทพฯ : สำนักงาน
ผลงานปรมณเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน,
2526. อักสำเนา.

- วรรณก เชื้ออินตะ และคนอื่น ๆ. "การวิเคราะห์ธาตุปริมาณน้อยในอาหารด้วยเทคนิคการอบนิวตรอน," ใน รายงานวิชาการประจำปี 2529. หน้า 25-27. กรุงเทพฯ : สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน, 2529. อักสำเนา.
- วสันต์ วรรณวโรทร. "กรณีโรคใช้คำจังหวัดนครศรีธรรมราช," วารสารก้านัน ผู้ไต่บ้าน. 39(5) : 31-38 ; พฤษภาคม 2531. กรมการปกครอง, 2531.
- วิจัยและพัฒนา, สำนัก. "สรุปแผนและภาพรวมการพัฒนาลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา," ใน เอกสารการสัมมนาเรื่องแนวทางการใช้ประโยชน์จากลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา. หน้า 1-7. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2532. อักสำเนา.
- วิชัย รวีตระกูล และคนอื่น ๆ. การประยุกต์สเปกโตรสโคปีในเคมีอินทรีย์. กรุงเทพฯ : นำอักษรการพิมพ์, 2526.
- Greenberg, A.E., Trussell, R.R. and Clesceri, L.S. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. Washington, D.C.: American Public Health Association, 1985.
- Heydorn, K. "Environmental Variation of Arsenic levels in Human Blood," Clin. Chem. Acta. 28(2) : 349-357; 1970.
- Vogel, Arthur I. Quantitative Inorganic Analysis. 3rd ed. London : Longman Group Limited, 1961.

ภาคผนวก

ตัวอย่างการสร้างเส้นกราฟมาตรฐาน

DATE: 09.07.11 OPERATOR: เสาวณี SAMPLE: น้ำประปา
 : Quant TEMPERATURE: SOLVENT:
 HUMIDITY: CONC:

BAND WIDTH : 2.00 nm
 TIME CONST : 0.4 sec

- ใช้ SDSC 5 ml.
- standard curve
0.000, 1.000, 3.000, 5.000, 7.000 $\mu\text{g As}$
- Sample ตบมา 35 ml.
- λ ที่วัด abs 535.0 nm.

% SET λ : 535.0 nm

BLANK ABS: 0.001 ABS

CONCENTRATION VALUE OF THE STANDARD SAMPLE

1: 0.000	2: 1.000	3: 3.000	4: 5.000	5: 7.000
1: 0.000	2: 0.025	3: 0.075	4: 0.125	5: 0.182
λ : 0.001	λ :	λ :	λ :	λ :

WAY OF ANALYSIS

2. CALIBRATION CURVE B

$$\text{CONC} = K * \text{ABS} + C$$

$$K = 38.41$$

$$C = 0.043$$

$$r = 0.999$$

