29 S.A. 2541

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยทักษิณ

104487

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลสาบสงขลา

THE DETERMINATION OF HEAVY METALS IN THE WATER OF SONGKHLA LAKE

โดย

ประดิษฐ์ มีสุข

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา

และ

เสาวณี โพชนุกูล

ฝ่ายเคมีวิเคราะห์ สำนักงานทรัพยากรธรณี เขต 1 สงขลา

กันยายน 2535

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา

ปีงบประมาณ 2534

หนังสือนี้เป็นกรรมสิทธิ์ของสำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยทักษิณ

ห้ามมิให้นำไปจำหน่ายโดยเด็ดขาด

ผู้พบเห็นกรุณานำส่งสำนักหอสมุดด่วน จักเป็นกุศลสูงส่ง

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลสาบสงขลา โดยเก็บตัวอย่างน้ำทะเลสาบจากจุดที่มีน้ำเสียจากชุมชนและแหล่งอุตสาหกรรม นำน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเทคนิควิธีอะตอมมิกแอพซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิตรีแบบพ่นสารโดยตรง (direct aspiration) สำหรับวิเคราะห์ธาตุทองแดง ตะกั่ว สังกะสี และแมงกานีส แบบไอเย็น (cold vapour) สำหรับวิเคราะห์ปรอท และแบบไฮไดรด์เจเนอเรชัน (hydirde generation) สำหรับการวิเคราะห์ธาตุเซเลเนียม

ผลการวิเคราะห์พบว่า ในน้ำทะเลสาบสงขลา มีทองแดง ตะกั่ว สังกะสี แมงกานีส ปรอท และเซเลนียมอยู่ดังนี้ ทองแดง 0.003-0.020 ตะกั่ว 0-0.10 สังกะสี 0.03-0.06 แมงกานีส 0.05-0.51 ปรอท 0-0.005 และ เซเลเนียม 0.001-0.027 มิลลิกรัมต่อลิตร (ppm)

มหาวิทยาลัยทักษิณ THAKSIN UNIVERSITY

Abstract

The aim of this research was to analyzed the amount of heavy metals in the water of Songkhla lake. Nine samples of water were collected from nine communities and industrial plants. The samples were analyzed for the quantity of heavy metals using atomic absorption spectrophotometry method, ie.direct aspiration technique for determination of copper, lead, zinc and manganese, cold vapour technique for determination of mercury and hydride generation technique for determination of selenium.

The findings revealed that there were copper, lead, zinc, manganese, mercury amd selenium ranging between 0.003-0.020, 0-0.10, 0.03-0.06, 0.05-0.51, 0-0.005 and 0.011-0.027 ppm. respectively.

มหาวิทยาลัยทักษิณ THAKSIN UNIVERSITY

คำนำ

การวิจัยเรื่อง "การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลสาบสงขลา" นี้ เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูและโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมในจังหวัดภาคใต้ โดยได้รับงบประมาณสนับสนุนจากเงินรายได้ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา ปีงบประมาณ 2554 เป็นเงิน 10,000 บาท

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยดังกล่าว ขอขอบคุณสำนักงานทรัพยากรธรณี เขต 1 สงขลา ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมือประกอบการวิจัย และขอขอบคุณสำนักงานฝ่ายวิชาการและวิจัย ที่ช่วยจัดทำเอกสารรายงานการวิจัยเผยแพร่

ประดิษฐ์ มีสุข

มหาวิทยาลัยทักษิณ THAKSIN UNIVERSITY

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
	ความนำ	1
	วัตถุประสงค์ในการศึกษา	1
	ความสำคัญของการศึกษา	1
	ขอบเขตของการศึกษา	2
	เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
บทที่ 2	การวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิตรี	5
	หลักการของอะตอมมิกแอบซอร์พชัน	5
	เทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วย ASS	7
	ลักษณะของเปลวไฟ	8
	เครื่องมือที่ใช้ใน ASS	9
	การวิเคราะห์หาปริมาณของปรอทด้วยวิธีเทคนิควิธีไอเย็น	13
	เทคนิคไฮไดรด์เจเนอเรชัน	14
บทที่ 3	การทดลอง	15
	สถานที่ทำการทดลองและเก็บตัวอย่าง	15
	เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง	17
	สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	17
บทที่ 4	ผลการทดลอง	18
	ผลการทดลอง	18
บทที่ 5	สรุป อภิปรายผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	19
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	19
	กลุ่มตัวอย่าง	19
	อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า	19
	วิธีดำเนินการ	19
	สรุปผลการศึกษาค้นคว้า	19
	อภิปรายผล	19
	ข้อเสนอแนะ	20
บรรณานุกรม		21

บทที่ 1

บทนำ

ความนำ

โลหะหนัก เช่น ปรอท เซเลเนียม ทองแดง ตะกั่ว สังกะสีและแมงกานีส เป็นธาตุที่สะสมในร่างกายและเป็นพิษต่อร่างกาย ถ้าร่างกายได้รับธาตุดังกล่าวจากสิ่งแวดล้อมสะสมถึงขนาดหนึ่งจะทำให้เกิดโรคพิษโลหะหนักดังกล่าวได้ ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลานับเป็นทรัพยากรอันล้ำค่าของประเทศไทย ซึ่งตั้งอยู่ทางฝั่งตะวันออกของคาบสมุทรทางตอนใต้ของประเทศ มีเนื้อที่ประมาณ 9,000 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณหนึ่งล้านไร่ ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา ทะเลสาบแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ทะเลสาบตอนนอก ทะเลสาบตอนใน และทะเลน้อย มีระบบนิเวศน์ที่ให้ผลผลิตทั้งพืชและสัตว์นานาชนิดสำหรับเลี้ยงชีวิตประชากร ประมาณ 1.5 ล้านคน ที่อาศัยอยู่รอบลุ่มน้ำทะเลสาบแห่งนี้ ปัญหาของชาวทะเลสาบนับวันจะเพิ่มมากขึ้นทุกขณะ เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น การขยายตัวของเมืองหลัก การสร้างท่าเรือน้ำลึก และการขยายตัวของอุตสาหกรรม ซึ่งล้วนก่อให้เกิดปัญหามลภาวะแก่ทะเลสาบเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีแหล่งน้ำเสียจากชุมชนและจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อยลงสู่ทะเลสาบมากขึ้น จึงเกิดปัญหามลพิษเฉพาะบางบริเวณในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ได้แก่ คลองเตยและคลองอู่ตะเภาในบริเวณอำเภอหาดใหญ่ คลองขวาง คลองพะวงและคลองสำโรง ในบริเวณอำเภอเมืองสงขลา และคลองระโนดในอำเภอระโนด จึงควรศึกษาค้นคว้าหาปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลสาบสงขลาว่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลสาบหรือไม่ จะได้หาทางแก้ไขการใช้น้ำทะเลสาบในจุดที่มีปริมาณโลหะหนักในระดับสูงต่อไป อันเป็นการป้องกันการเกิดโรคพิษโลหะหนักในประชาชน รวมทั้งได้ข้อมูลส่วนหนึ่งเพื่อการศึกษาปริมาณโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมภาคใต้อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลสาบสงขลาโดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิตรี

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. จากการศึกษาค้นคว้านี้จะทำให้ทราบระดับปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลสาบสงขลา ว่าอยู่ในระดับใด เกินขนาดมาตรฐานกำหนดหรือไม่ เพื่อจะได้หาทางแก้ไขต่อไป
2. จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จะทำให้ได้ข้อมูลส่วนหนึ่ง เพื่อการศึกษาปริมาณโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมภาคใต้

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลสาบสงขลาบริเวณตอนนอกและตอนใน เฉพาะจุดที่มีน้ำเสียจากชุมชนและแหล่งอุตสาหกรรม รวม 9 แหล่ง ได้แก่ ปากคลองระโนด ปากคลองลำปำ บ้านดูขุด ปากคลองอู่ตะเภา ปากคลองพะวง เกาะยอ ปากคลองสำโรง ปากคลองขวาง และปากน้ำทะเลสาบ

2. โลหะหนักที่วิเคราะห์ครั้งนี้เป็นโลหะหนักที่สะสมและเป็นพิษต่อร่างกาย รวม 6 ชนิด ได้แก่ ปรอท เซเลเนียม ทองแดง ตะกั่ว สังกะสีและแมงกานีส

3. การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักครั้งนี้ ใช้เทคนิควิธีวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิตรีแบบพ่นโดยตรงสำหรับการวิเคราะห์ธาตุทองแดง ตะกั่ว สังกะสีและแมงกานีส ใช้แบบไอเย็นสำหรับวิเคราะห์ปรอท และใช้แบบไฮไดรด์เจเนอเรชัน สำหรับการวิเคราะห์เซเลเนียม

เอกสารการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ช่วงปี พ.ศ.2529-พ.ศ.2530 ทิพย์วัลย์ คำเหม็ง ศึกษาผลกระทบของโรงงงานอุตสาหกรรมที่มีต่อคุณภาพน้ำในลำน้ำพอง (ในส่วนของโลหะหนัก) โดยวิเคราะห์โลหะหนัก พบว่ามีเหล็ก แมงกานีส ทองแดงและสังกะสีอยู่ 0.00-27.55, 0.00-5.18, 0.00-0.22 และ 0.00-2.64 ppm. ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่ากำหนดมาตรฐานโลหะหนักในแหล่งน้ำจืด ส่วนตะกั่ว แคดเมียม อาร์เซนิก และปรอทตรวจไม่พบ

ในปีเดียวกันนี้ พนิต เชิดชูพงษ์ และเฟื่องฟ้า อัศวเย็นใจ[1] อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้รายงานการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสี แคดเมียม ตะกั่ว และทองแดงในน้ำทะเลสาบสงขลา พบว่ามีสังกะสี 0.067 mg/l แคดเมียม 0.009 mg/l ตะกั่ว 0.020 mg/l และทองแดง 0.024 mg/l

ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เมื่อปี พ.ศ.2528 C.Hallam และ K.C.Thomson[2] หาปริมาณตะกั่วและแคดเมียมในน้ำดื่มโดยวิธีอะตอมแทรพปิงอะตอมมิกแอบซอร์พชันเปกโทรโฟโตมิตรี พบว่ามีตะกั่วอยู่ 2.0 mμg/l และมีแคดเมียม 0.25 mμg/l และพบว่าวิธีนี้สามารถใช้วิเคราะห์หาธาตุได้อีก 4 ชนิด คือ สารหนู ทองแดง เซเลเนียม และเงิน

ต่อมาปี พ.ศ. 2530 S.Donhanser, D.Wagner และ F.Jacob[3] วิเคราะห์ธาตุปริมาณน้อยในเบียร์ โดยศึกษาตัวอย่างเบียร์ 100 ตัวอย่าง พบว่ามีสารหนูเฉลี่ย 6.4 mμg/l มีโครเมียม 7.5 mμg/l มีตะกั่ว 1.6 mμg/l มีปรอทน้อยกว่า 0.5 mμg/l มีแคดเมียม 0.2 mμg/l มีเซเลเนียม 1.2 mμg/l ในปีเดียวกันนี้ Z.Q.Zhao[4] และคณะได้หาปริมาณทองแดง แคดเมียม ตะกั่ว และสารหนูโดยวิธีเฟอนิซอะตอมมิกแอบซอร์พชัน พบว่าขจัดการปนเปื้อนของแมกนีเซียมและสตรอนเตียมได้ และเทคนิคนี้ทำได้ง่ายและรวดเร็ว

ในปี พ.ศ. 2531 M.Jaffer, M.Ashaf และ A.Rasool[5] ศึกษาปริมาณโลหะหนักในน้ำและในปลาน้ำจืดในปันจาบโดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชัน โลหะที่ศึกษาคือ แมงกานีส สังกะสี เหล็ก ทองแดง โครเมียม นิกเกิล ตะกั่ว ปรอท แคดเมียมและสารหนู พบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะหนักในแหล่งน้ำและในกล้ามเนื้อของปลา ดังนี้ (หน่วย/mg/Kg) แมงกานีส 0.115-11.157 สังกะสี 1.875-50.650 เหล็ก 2.805-180.550 ทองแดง 0.193-7.200 โครเมียม 0.365-13.200 นิกเกิล 0.628-38.800 ตะกั่ว 0.765-45.316 ปรอท 0.020-26.800 แคดเมียม 0.004-1.500 และสารหนู 0.480-75.500

ต่อมามี พ.ศ. 2532 ฉัตรไชย รัตนไชยและคณะ[6] ได้เสนอตารางมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลาว่าควรมีปริมาณโลหะหนักไม่เกินค่าต่อไปนี้ ปรอท 1 µg/l ทองแดง 5 µg/l ตะกั่ว 10 µg/l สังกะสี 1,000 µg/l แมงกานีส 1,000 µg/l

มหาวิทยาลัยทักษิณ THAKSIN UNIVERSITY

การอ้างอิง

[1]พนิต เชิดชูพงษ์และเฟื่องฟ้า อัศวเย็นใจ รายงานเรื่องการวิเคราะห์ปริมาณสังกะสี แคดเมียม ตะกั่วและทองแดงในน้ำทะเลสาบสงขลา, 2529

[2]Hallan C. and Thompson K.C. "Determination of load and cadmium in potable waters by atom-trapping atomic-absorption spectrophotometry" ANALYST., 1985.,Vol. 110, no. 5., pp. 497-500

[3]Donhanser. S., Wagner. D. and Jacob. F., "Critical trace elements in brewing technology. part 2 : Occurrence of arsenic, lead, cadmium, chromium, mercury and selenium in beer. "BRAUWISSENSCHAFT." 1987. Vol.40, no. 8, PP. 328-333

[4]Zhao.Z.Q., Pang.Z.J., Don.A.Q. and Li.Y.G. "Direct determination of Cu, Cd, Pb, and As by graphite furnance atomic-absorpton method. MAR. ENVIRON. SCI./HAIYANG HUANJING KEXUC. 1987. Vol.6, no.2,pp. 88-93

[5]Jaffar M., Ashraf. M. and Rasool.A. "Heavy metal contents in some selected local freshwater fish and relevant waters. "PAR.J.SCI.INDRES." 1988. Vol. 31, no. 3, pp. 189-193

[6]ฉัตรไชย รัตนไชยและคณะ โครงการศึกษาเพื่อกำหนดแผนการจัดการและดำเนินการเพื่อติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลา ระยะที่ 2. 2532. หน้า 14

บทที่ 2

การวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิตรี

Atomic Absorption Spectrohpotometry

เทคนิคทางอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิตรี หรือ AAS เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุชนิดหนึ่งที่สามารถทำได้ทั้งเชิงคุณภาพวิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์ซึ่งได้รับความนิยมมากวิธีหนึ่ง เพราะเป็นเนคนิคที่ให้ความเที่ยง ความแม่น มีสภาพไวสูง และเป็นเทคนิคที่เฉพาะดีมาก ประกอบกับค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ไม่สูงนัก ดังนั้นห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ที่ทันสมัยโดยทั่วไปจะมีเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิตรีอยู่ด้วยเสมอ ความสามารถของเทคนิคนี้มีสูงมาก เพราะสามารถใช้วิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ได้ถึง 67 ธาตุ ในสารตัวอย่างเกือบทุกชนิด ตัวอย่างธาตุเหล่านี้ได้แก่ Cu, Zn, Cd, Sb, Bi, Fe, Co, Mn, Ni, Ag, Au, Pb, Ca, Sn, As, Ge, Se, Te, Ru, Hg, Si, ฯลฯ นับว่าใช้งานได้กว้างขวางและมีประสิทธิภาพสูง

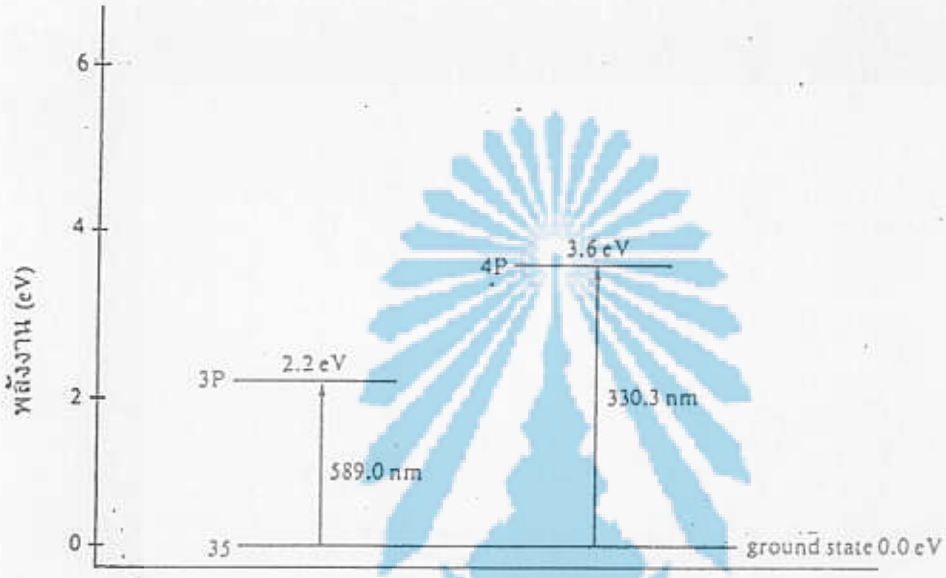
ปี ค.ศ. 1953 Walsh ได้สร้างความสนใจและแสดงให้เห็นถึงประโยชน์และข้อดีต่าง ๆ ของการใช้อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโคปีเพื่อการวิเคราะห์ทางเคมี ซึ่งในขณะนั้นเทคนิคที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ทางสเปกโทรสโคปี ได้แก่ เทคนิคคัลเลอริเมตรี (Colorimetry) และเทคนิคทางอะตอมมิกอิมิสชันสเปกโทรสโคปี (Atomic emission spectroscopy) และในปี ค.ศ. 1955 Walsh ได้พัฒนาเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโคปีขึ้นมาใช้ในการวิเคราะห์ธาตุได้อย่างกว้างขวาง ช่วยทำให้การวิเคราะห์รวดเร็วขึ้น และได้เปรียบกว่าการใช้วิธีทางอะตอมมิกอิมิสชัน ที่ต้องขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้

หลักการของอะตอมมิกแอบซอร์พชัน

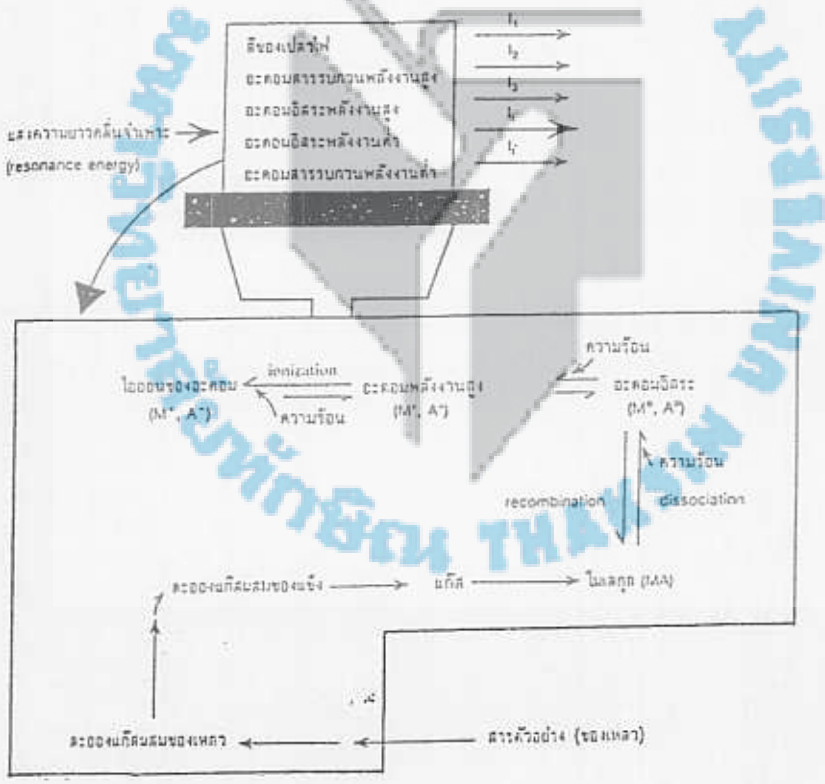
อะตอมมิกแอบซอร์พชันเป็นกระบวนการที่เกิดจากอะตอมเสรีของธาตุดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นอันหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ ธาตุแต่ละชนิดจะมีระดับของพลังงานแตกต่างกัน เช่น อะตอมของโซเดียมจะดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 589 nm เพราะแสงที่ความยาวคลื่นนี้เป็นแสงที่มีพลังงานพอดีที่จะทำให้อิเล็กตรอนของอะตอมโซเดียมเกิดการเปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้นไปสู่สถานะกระตุ้น ดังแสดงในรูป 2-1 ซึ่งจะเห็นว่าความยาวคลื่นเหล่านี้จัดเป็นเส้นสเปกโทรสโคปิก (spectroscopic line) ของอะตอมมิกสเปกตรัม ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของธาตุแต่ละชนิด

ในการทำให้อะตอมของธาตุในสารประกอบเกิดเป็นอะตอมเสรีได้นั้น ต้องเกิดการดูดกลืนพลังงานเข้าไป ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปต่าง ๆ กัน เช่น พลังงานความร้อนจากเปลวไฟ หรือความร้อนจากไฟฟ้าเป็นต้น ความร้อนจะทำให้เกิดกระบวนการแตกตัว (dissociation) หรือเปลี่ยนให้เป็นไอ (vaporization) หรืออาจแตกตัวเป็นอะตอม (atomization) หรือทำให้อะตอมอยู่ในสถานะกระตุ้น หรืออาจกลายเป็นไอออนก็ได้

จากรูปที่ 2-2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อสารตัวอย่างที่เป็นของเหลวถูกฉีดเข้าสู่เปลวไฟ ความร้อนจะทำให้ละอองของแก๊สผสมของเหลว (gas-liquid aerosol) กลายเป็นละอองของแก๊สผสมของแข็ง (solid-gas aerosol) แก๊สและโมเลกุลของสารตัวอย่าง (MA) ตามลำดับ เมื่อโมเลกุลได้รับความร้อนที่เหมาะสมจะแตกตัวเป็นอะตอมอิสระ (M^0, A^0) ซึ่งในขั้นตอนนี้ถ้าปล่อยพลังงานแสงจากแหล่งภายนอก



รูปที่ 2-1 แสดงระดับพลังงานของอะตอมโซเดียม ($_{11}Na^{23}$) ($1s^2, 2s^2\ 2p^6, 3s^1$)



รูปที่ 2-2 แสดงการดูดกลืนและและการเปล่งแสงของอะตอมในเปลวไฟ

ที่มีความยาวคลื่นจำเพาะสำหรับอะตอมนั้น ๆ ผ่านกลุ่มอะตอมอิสระ พลังงานแสงนี้จะถูกดูดกลืนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนอะตอมอิสระ ดังสมการ

$$A = \log I_0/I_t = knt$$

โดย A = ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance)

k = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (absorption coefficient) ของอะตอมที่ความยาวคลื่นที่กำหนด

n = จำนวนอะตอมอิสระที่มีพลังงานต่ำ/มล.

t = ความกว้างของเปลวไฟที่แสงผ่าน (ซม.)

ดังนั้นเมื่อวัดความเข้มของแสงที่เหลือจากการดูดกลืนโดยอะตอม จึงสามารถหาความเข้มข้นของธาตุได้โดยวิธีการของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ในทางปฏิบัติอุณหภูมิของเปลวไฟที่สูงเกินทำให้อะตอมอิสระบางส่วนกลายเป็นอะตอมพลังงานสูง (M^* และ A^*) และแตกตัวเป็นไอออน (M^+ และ A^-) ซึ่งทำให้เกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ นอกจากนี้ความผิดพลาดในการวิเคราะห์ยังมาจากแสงจากสีของเปลวไฟ แสงที่ปล่อยจากอะตอมของสารรบกวนแสงที่ปล่อยออกมาจากอะตอมอิสระพลังงานสูงตลอดจนการดูดกลืนแสงจำเพาะโดยสารรบกวนดังนั้นจึงต้องลดความผิดพลาดเหล่านี้โดยเทคนิคต่าง ๆ ตามความเหมาะสมต่อไป

เทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี AAS

เทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุนั้นสามารถทำได้หลายวิธี คือ

1. ใช้เทคนิคเฟลมอะตอมไมเซชัน (Flame Atomization Technique) เทคนิคนี้ใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างแตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟ (flame) ที่เหมาะสม

2. ใช้เทคนิคอะตอมไมเซชันแบบไร้เปลวไฟ (Flameless Atomization Tecnique หรือ Non-Flame Atomization Technique) ซึ่งเทคนิคนี้ใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างสลายตัวเป็นอะตอมได้ด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (electrothermal atomizer หรือ graphite furnance) โดยสามารถโปรแกรมให้อุณหภูมิของการเผามีค่าต่าง ๆ กัน และใช้เวลาต่าง ๆ กันได้

3. ใช้เทคนิคไฮไดรด์เจเนอเรชัน (Hydride Generation Technique) เนื่องจากมีธาตุบางชนิดจะเปลี่ยนให้เป็นอะตอมโดยตรงด้วยเทคนิค 1 และ 2 ไม่ได้ แต่จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันการรวมตัวกับออกซิเจนของธาตุเหล่านี้ ดังนั้น จึงต้องใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านี้กลายเป็นสารที่เป็นไอได้ง่าย ๆ ที่อุณหภูมิห้องด้วยการรีดิวซ์ให้เป็นไฮไดรด์ แล้วให้ไฮไดรด์นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮโดรเจน ความร้อนจากเปลวไฟไฮโดรเจนจะทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมเสรีได้ เทคนิคนี้ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ As, Se, Te, Ge, Bi และ Sb

4. ใช้เทคนิคไอเย็น (Cold Vapor Generation technique) สำหรับเทคนิคนี้เหมาะที่จะใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนให้เป็นไอได้ง่าย เช่น ปรอท จึงใช้วิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณน้อยโดยเฉพาะ

ลักษณะของเปลวไฟ

ปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในเปลวไฟค่อนข้างซับซ้อน ควรศึกษาถึงคุณลักษณะของเปลวไฟเพื่อใช้ประโยชน์ในการเลือกชนิดของเชื้อเพลิง อัตราการไหลของอากาศและเชื้อเพลิง ความสูงของเปลวไฟเหนือตะเกียง (burner) ที่ใช้เป็นแหล่งของอะตอมอิสระ (atom reservoir) และชนิดของตะเกียง

เปลวไฟทำหน้าที่หลัก 3 ประการ คือ

1. ใช้ในการเปลี่ยนสารที่ต้องการวิเคราะห์จากของเหลว หรือของแข็งที่อยู่ในรูปซัสเพนชันไปเป็นแก๊ส
2. ใช้ในการสลายสารประกอบของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ออกเป็นอะตอมอิสระ
3. ใช้ในการผลิตอะตอมอิสระที่สภาวะเร้า เช่น ใช้ในเฟลมโฟโตมิตรี

เปลวไฟที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. มีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ธาตุแต่ละอย่าง
2. เฟลมแบคกราวน์ (flame background) ต้องไม่รบกวนในการวัดความยาวคลื่นที่สนใจ

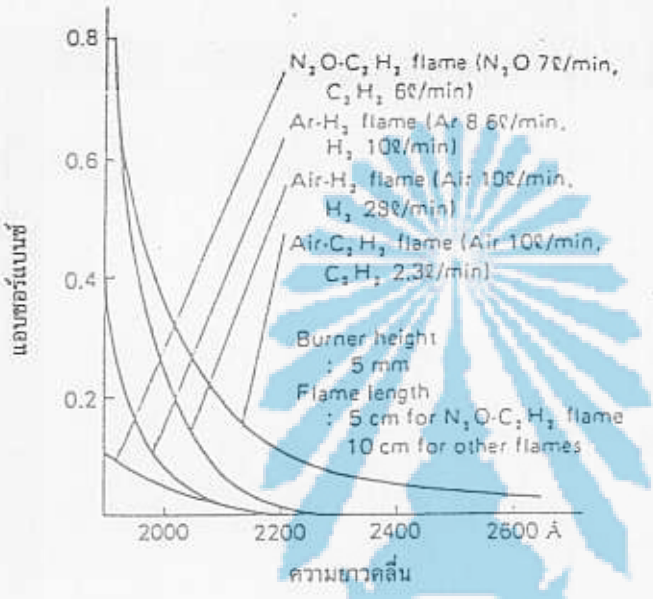
เปลวไฟที่ใช้กันโดยทั่วไปในเฟลมโฟโตมิตรีและอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโคปี ได้แก่ อากาศ/โพรเพน (อากาศ/บิวเทน) อากาศ/อะเซทีลีน ไนตรัสออกไซด์/อะเซทีลีน และอากาศ/ไฮโดรเจน (อาร์กอน/ไฮโดรเจน)

อากาศ/โพรเพน ให้เปลวไฟที่มีอุณหภูมิต่ำสุด คือ ประมาณ 1,900 องศาเซลเซียส ซึ่งร้อนพอที่จะทำให้เกิดอะตอมอิสระของธาตุได้หลายธาตุ เช่น Cu, Pb, K, Na และ Zn ถ้าธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ดำรงอยู่ในของผสมที่มีส่วนประกอบ หรือโครงสร้างซับซ้อน ธาตุนั้นอาจเกิดสารประกอบทนไฟ เช่น รีแฟรกทอรี ออกไซด์ (refractory oxide) อยู่ภายในเปลวไฟ เมื่อเปลวไฟนั้นร้อนไม่พอที่จะทำให้สารประกอบแตกตัวอย่างสมบูรณ์

อากาศ/อะเซทีลีน เป็นเปลวไฟที่ใช้กันอย่างแพร่หลายใน ASS เปลวไฟชนิดนี้มีอุณหภูมิประมาณ 2,300 องศาเซลเซียส นิยมใช้ในการวิเคราะห์ธาตุทรานซิชัน สามารถวิเคราะห์ธาตุได้ประมาณ 30 ธาตุ

ไนตรัสออกไซด์/อะเซทีลีน เป็นเปลวไฟที่ให้ความร้อนมากที่สุด ที่อุณหภูมิประมาณ 3,000 องศาเซลเซียส นิยมใช้เปลวไฟชนิดนี้สำหรับการเกิดอะตอมอิสระของธาตุที่เปลี่ยนเป็นอะตอมได้ยาก เช่น Al, Si และธาตุหายาก (rare-earth element)

เปลวไฟที่เกิดจากอากาศและไฮโดรเจน (air-H_2 flame) หรือ อาร์กอน-ไฮโดรเจน (Ar-H_2 flame) เปลวไฟนี้ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง แก๊สไฮโดรเจนเองติดไฟได้โดยมีอากาศช่วย เปลวไฟนี้จะใช้ในกรณีที่ใช้เทคนิคไฮไดร์ดเจเนอเรชัน หรือใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ As, Se, Zn, Pb Cd และ Sn ซึ่งใช้แสงที่มีความยาวคลื่นสั้น แบคกราวน์แอบซอร์พชัน (background absorption) จะต้องต่ำ เปลวที่เกิดจากอากาศและไฮโดรเจนจึงเหมาะที่สุด เพราะเป็นรีดิวซิงส์เฟลม (reducing flame) ด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2-3 แต่ก็มีข้อเสียที่อุณหภูมิของเปลวไฟค่อนข้างต่ำ ทำให้มีการแทรกสอดมากขึ้น



รูปที่ 2-3 แสดงการดูดกลืนของเปลวไฟต่าง ๆ

เครื่องมือที่ใช้ใน ASS

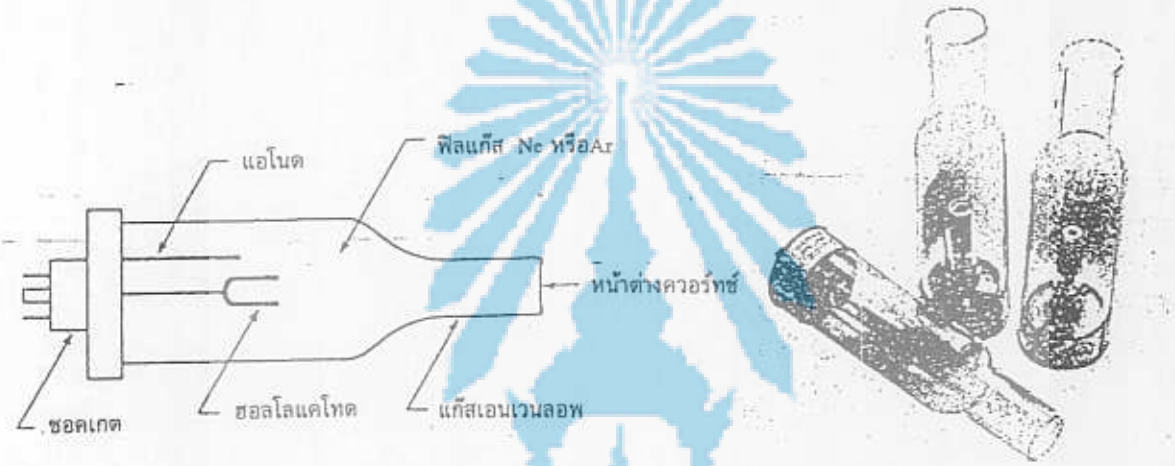
การวิเคราะห์ปริมาณโดยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชัน จะคล้ายกับเครื่องสเปกโทรแบบอื่น ๆ ซึ่งใช้กฎของเบียร์อธิบาย ปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนเป็นสัดส่วนกับจำนวนอะตอมของสารตัวอย่าง ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรมิเตอร์ ได้แก่ แหล่งของแสงเฉพาะธาตุ ส่วนที่ทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมอิสระ โมโนโครมเมเตอร์ ดีเทคเตอร์ เครื่องประมวลผลและอ่านผล ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แหล่งของแสงเฉพาะธาตุ (light source)

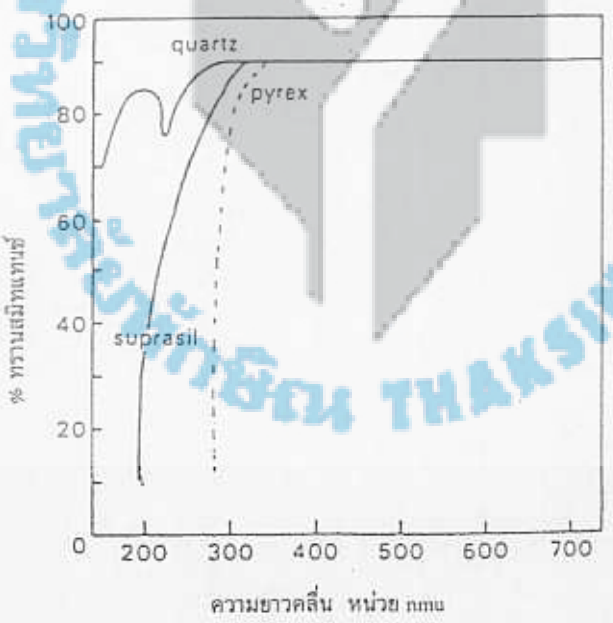
โดยการใช้แหล่งของคลื่นแสงที่คายเส้นสเปกตรัมซึ่งมีความยาวคลื่นเท่ากับเส้นสเปกตรัมที่ถูกดูดกลืนโดยสารนั้น นอกจากนั้นความกว้างของแถบสเปกตรัมที่ได้จากแหล่งของแสงยังใกล้เคียงกับความกว้างของแถบสเปกตรัมที่ได้จากการดูดกลืนแสงของสารนั้น โมโนโครมาเตอร์ที่ใช้ในการกระจายแสงจึงไม่จำเป็นต้องมีความสามารถในการแยกคลื่นแสงสูง แหล่งของคลื่นแสงที่คิดค้นขึ้นโดย Walsh มีชื่อว่าหลอดฮอลโลแคโทด (Hollow cathode lamps ; HCLs) ยังเป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน มีลักษณะและส่วนประกอบต่าง ๆ ดังรูปที่ 2-4

ลักษณะของหลอดฮอลโลแคโทด จะประกอบด้วยขั้วแคโทดซึ่งเป็นโลหะทำเป็นรูปทรงกระบอกกลวงหรือรูปถ้วย แล้วฉาบด้วยโลหะหรือผงโลหะที่ต้องการให้ถูกกระตุ้น เพื่อให้ได้สเปกตรัมที่มีเส้นเรโซแนนซ์ (resonance lines) ส่วนขั้วแอโนดทำด้วยโลหะนิกเกิลหรือทังสเตนหรือเซอร์โคเนียมเป็นแท่งเล็ก ๆ ภายในหลอดแก้วบรรจุด้วยแก๊สนีออนหรืออาร์กอนที่ความดันประมาณ 4-10 torr. ส่วนวินโดว์ (window) อาจเป็นแก้วไพเร็กซ์หรือควอร์ต ถ้าสเปกตรัมที่ได้อยู่ในช่วงยูวี วินโดว์ต้องทำด้วยควอร์ตหรือซิลิกา แต่ถ้าสเปกตรัมที่ได้อยู่ในช่วงวิสิเบิลก็อาจใช้แก้วไพเร็กซ์หรือควอร์ตได้ดังแสดงในรูปที่ 2-5

และที่สำคัญวินโดว์จะต้องสะอาดเสมอ การใช้หลอดฮอลโลแคโทดควรจะต้องใช้กระแสไฟฟ้าให้ถูกต้อง โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 3-30 mA ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ เมื่อใช้กระแสไฟฟ้ามาก ๆ จะทำให้อายุของหลอดสั้น แต่ได้แสงมีความเข้มสูง



รูปที่ 2-4 แสดงลักษณะของหลอดฮอลโลแคโทด



รูปที่ 2-5 แสดงสมบัติในเชิงทรานสมิตแทนซ์ของควอร์ตและไพเร็กซ์

546.3
ป816ร
2550
จ.1

สำนักหอสมุด
มหาวิทยาลัยทักษิณ

2. ส่วนที่ทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมอิสระ (The Atomization Process หรือ Atomizer)

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทาง ASS นั้นจะประสบความสำเร็จอย่างดีมากน้อยเพียงใดนั้นย่อมขึ้นอยู่กับปริมาณอะตอมอิสระของธาตุที่ทำให้เกิดขึ้น เพราะอะตอมอิสระเป็นตัวดูดกลืนแสงที่จะทำการวัดโดยเลือกใช้ความยาวคลื่นของแสงที่เหมาะสมผ่านเข้าไป ดังนั้นสิ่งสำคัญที่จะทำให้การวิเคาะห์ธาตุโดยวิธีนี้ได้ผลดีเพียงใดนั้น จึงขึ้นอยู่กับการเกิดอะตอมอิสระที่ดำรงอยู่ที่สภาวะพื้นโดยใช้ความร้อนจากเปลวไฟ ขั้นตอนต่าง ๆ ของการเกิดอะตอมอิสระภายในเปลวไฟประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เนบูไลเซชัน (Nebulization) เป็นกระบวนการเปลี่ยนของเหลวให้เป็นละอองเล็ก ๆ ด้วยเครื่องที่เรียกว่า เนบูไลเซอร์ (nebulizer)

2. ดรอพเพลตพรีซิพิเตชัน (Droplet precipitation) เป็นกระบวนการที่ละอองเล็ก ๆ ของสารละลายรวมกันเป็นหยดสารละลายโตไม่สามารถจะลอยอยู่ในอากาศได้ จึงตกลงมาแล้วออกไปทางท่อน้ำทิ้ง

3. มิกซิง (Mixing) เป็นกระบวนการที่ละอองเล็ก ๆ ของสารละลายเกิดผสมกับแก๊สเชื้อเพลิงและออกซิแดนท์ (oxidant) ในสเปรย์แชมเบอร์ (spray chamber) ของเนบูไลเซอร์

4. ดีโซลเวชัน (Desolvation) เป็นกระบวนการที่ตัวทำละลายที่อยู่ในละอองเล็กนั้นถูกกำจัดออกไป ทำให้เกิดเป็นอนุภาคเล็ก ของสารประกอบ กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นตอนล่างของเปลวไฟ

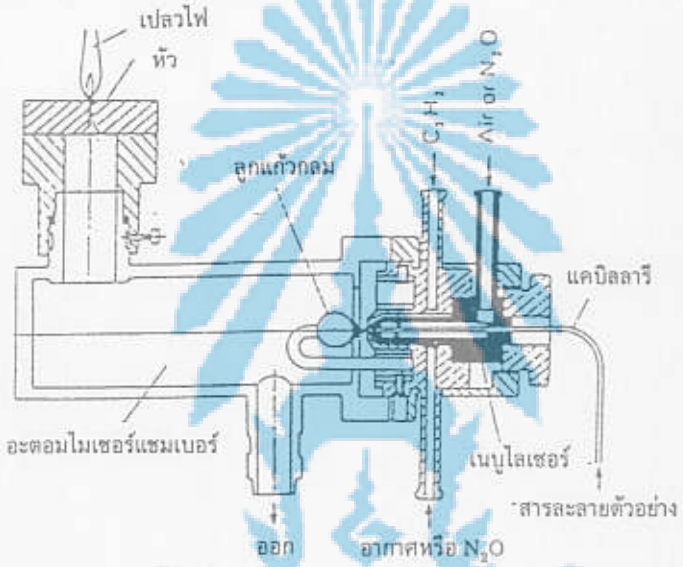
5. สารประกอบแตกตัว (Compound decomposition) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในเปลวไฟ โดยที่พลังงานความร้อนจากเปลวไฟจะไปทำให้สารประกอบเกิดการแตกตัวเป็นออกไซด์เป็นโมเลกุลและเป็นอะตอมอิสระ บางครั้งอาจเกิดการกระตุ้นหรือเกิดการไอออไนเซชันต่อไปได้

กระบวนการทั้ง 5 ขั้นดังกล่าวแสดงเป็นภาพประกอบดังรูปที่ 2-6

รูปที่ 2-6 แสดงกระบวนการเฟลมอะตอมไมเซชัน

104487

โดยทั่วไปเมื่อเวลาใช้เครื่องแก๊สที่เป็นเชื้อเพลิงและออกซิแดนท์จะผ่านเวนจูรี (venturi) เข้าไปในเนบูไลเซอร์จะทำให้สารละลายถูกดูดเข้าไปด้วยอัตราความเร็วตามที่ต้องการได้ (1-4 ml/min) เพื่อให้สารละลายที่พ่นไปชนกับลูกแก้วกลม (glass bead) ดังรูป 2-7 ละอองเล็ก ๆ ซึ่งเป็นแบบเดียว (uniform) จะเข้าไปยังเปลวไฟเพื่อเผาให้สลายตัวเป็นอะตอมอิสระของธาตุ



รูปที่ 2-7 แสดงนิวเมติกเนบูไลเซอร์และสเปรย์แชมเบอร์ (pneumatic nebulizer and spray chamber)

3. โมโนโครเมเตอร์ (Momochromator) หรือฟิลเตอร์ (Filter)

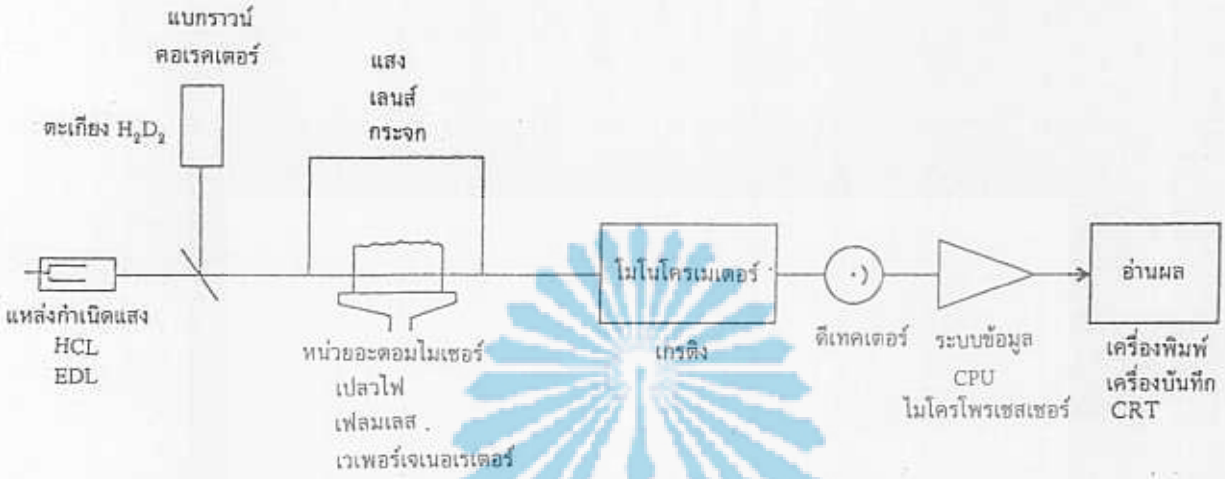
เครื่องมือที่ใช้ในเทคนิคนี้ต้องประกอบด้วยเครื่องกระจายแสงหรือแยกคลื่นแสงที่มีคุณภาพดีให้แถบคลื่นที่แคบสามารถแยกเส้นสเปกตรัมของแสงที่จะถูกดูดกลืนโดยอะตอมอิสระของธาตุที่จะวิเคราะห์ได้ ปรกติมักใช้เกรติงโมโนโครเมเตอร์ (grating monochromator) แต่ในการวิเคราะห์ธาตุอัลคาไลซึ่งมีเส้นสเปกตรัมที่แคบไม่กี่เส้นปรากฏในช่วงวิสิเบิลอาจใช้ฟิลเตอร์ที่ทำด้วยแก้วแทนโมโนโครเมเตอร์ได้ และนิยมใช้ตัวกรองการสอดแทรก (interference filter) แบบเปลี่ยนได้

4. ดีเทคเตอร์ (Detector)

ใช้วัดความเข้มของแสงที่ผ่านออกจากสารตัวอย่างที่วิเคราะห์ มักนิยมใช้หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ เป็นเครื่องวัดความเข้มแสง

5. เครื่องประมวลผลและอ่านผล (Data system and read - out units)
เป็นส่วนแสดงค่าแอบซอร์พแบนซ์ (absorbance) ที่วัดได้

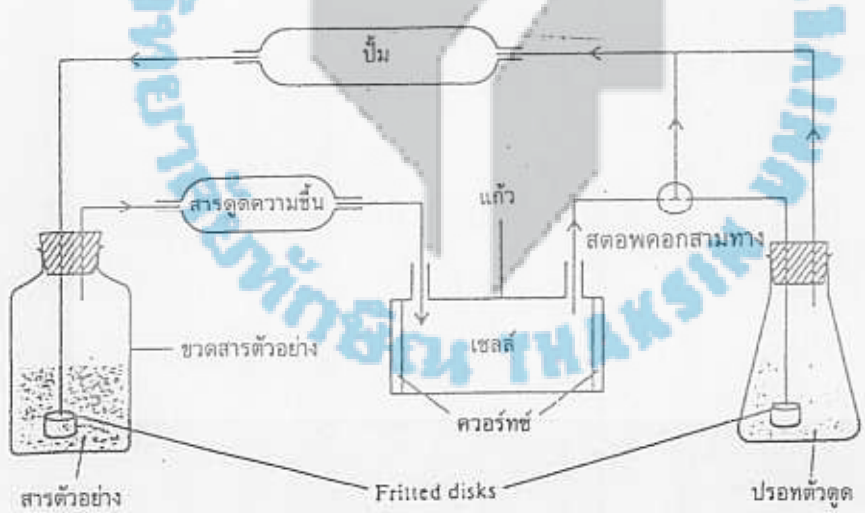
อุปกรณ์และลักษณะต่าง ๆ ของ ASS แสดงด้วยแผนภาพดังรูปที่ 2-8



รูปที่ 2-8 แสดงแผนภาพองค์ประกอบของเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

✓ **การวิเคราะห์หาปริมาณของปรอทด้วยวิธีเทคนิคแบบไอเย็น (Cold Vapor Technique)**

เทคนิคแบบไอเย็นเป็นเทคนิคอะตอมไมเซชันไร้เปลวไฟ แบบเวเพอร์เจเนอเรชัน (vapor generation) ซึ่งโดยหลักการแล้วใช้วิธีรีดักชันสารประกอบของปรอทด้วยสารละลาย $SnCl_2$ ในกรด Hg^{2+} จะถูกรีดิวซ์ออกมาเป็น Hg^0 แล้วปั๊มไอของปรอทผ่านสารดูดความชื้น (desicant) เพื่อนำเข้าไปในเซลล์ดูดกลืนที่ทำด้วยแก้ว แต่วินโดว์เป็นควอร์ต วัดแอบซอร์พแบนซ์ที่ความยาวคลื่น 253.6 nm โดยใช้ Hg-HCl สำหรับการหาปริมาณของปรอทโดยวิธีนี้มีความไวดีกว่าใช้ AAS แบบเปลวไฟประมาณ 2,000 เท่า คือ สามารถหาปรอทได้ถึง 0.001 µg/ml ลักษณะของเครื่องมือเป็นดังรูปที่ 2-9



รูปที่ 2-9 แสดงภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการหาปริมาณของปรอทด้วยเทคนิคไอเย็น

ปัญหาและข้อแนะนำในการวิเคราะห์ปรอทโดยใช้เทคนิคไอเย็น มีดังนี้

1. หลีกเลี่ยงไม่ให้มี KI เพราะเมื่อมี I^- ปนอยู่เพียงเล็กน้อยจะทำให้การตอบสนองของการวิเคราะห์ลดลง ตรวจสอบให้แน่ใจว่าในระบบที่ใช้ไม่มีการปนเปื้อนไอโอไดด์ (I^-) โดยเฉพาะในระบบการแยกสายพลาสติกและเซลล์ควอร์ทซ์

2. ตรวจสอบให้แน่ใจว่าสารละลายตัวอย่าง (Hg^{2+}) นั้น ทำให้เสถียรด้วยสารละลาย HNO_3 และ $K_2Cr_2O_7$

3. อาจใช้สารละลาย $NaBH_4$ หรือ $SnCl_2$ เป็นตัวรีดิวซ์ในการทำให้เกิดอะตอมของปรอท

4. ควรเลือกใช้ $SnCl_2$ เมื่อ

ก. สารละลายตัวอย่างอาจให้ฟองมาก เช่น ของไหลจากสิ่งมีชีวิต

ข. สารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของธาตุต่อไปนี้สูง ได้แก่ ธาตุ As, Se, Sb

5. ควรปล่อยให้เวลาผ่านไประยะหนึ่งก่อนวัดเพื่อแก้ปัญหาสัญญาณเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาหรือสัญญาณถูกรบกวน และต้องตรวจสอบอัตราปั๊ม (pumping rates) อยู่เสมอ รวมทั้งต้องตรวจสอบการวางเซลล์ควอร์ทซ์ให้ตรง

เทคนิคไฮไดรด์เจเนอเรชัน (Hydride Generation Technique)

โลหะธาตุกลุ่มหนึ่ง คือ As, Se, Bi, Sb, Sn และ Te เมื่อถูกเปลี่ยนเป็นไอของสารประกอบไฮไดรด์แล้วทำให้กลายเป็นไอของอะตอมของธาตุได้ง่าย การวัดปริมาณการดูดกลืนแสงของไอของอะตอมของธาตุเหล่านี้ โดยใช้เทคนิคนี้ทำได้ดีและมีความไวสูง

โดยการนำสารละลายตัวอย่างที่มีสภาพเป็นกรดมาทำปฏิกิริยากับ $NaBH_4$ ไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นจะรีดิวส์ธาตุดังกล่าวข้างต้นได้สารประกอบไฮไดรด์ของธาตุที่ระเหยได้ง่าย จากนั้นผ่านแก๊สไนโตรเจนพาไอสารประกอบไฮไดรด์เข้าสู่เซลล์ควอร์ทซ์ แล้วให้ความร้อนสูงโดยใช้เฟลมเพื่อทำให้เกิดไออะตอมของธาตุที่ต้องการวัดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นทั้งหมดใช้เวลาสั้นมากวิธีนี้จึงมีความไวสูงมาก

บทที่ 3

การทดลอง

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลสาบสงขลา มีขั้นตอนดังนี้

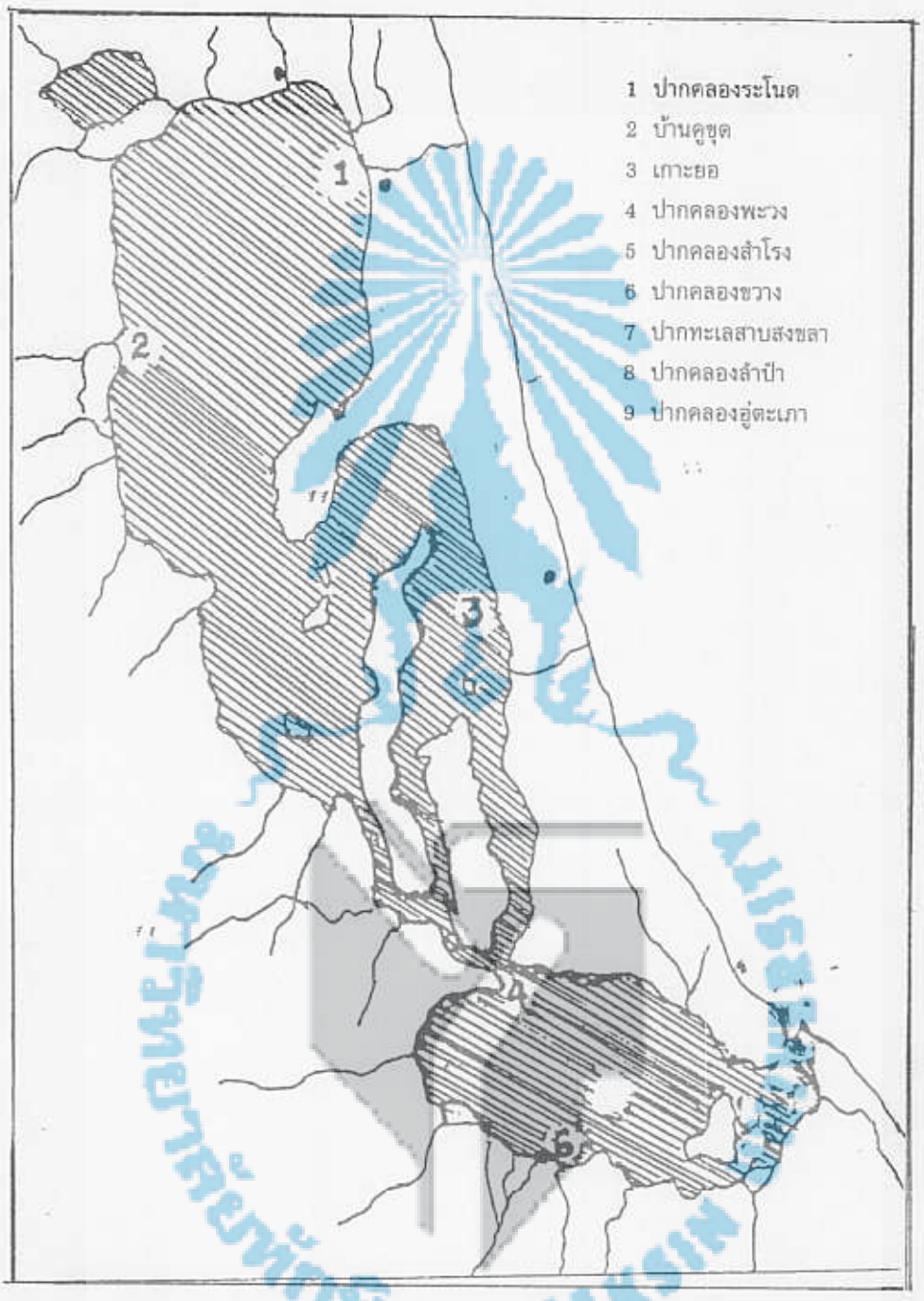
1. การเก็บตัวอย่างน้ำ
2. เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง
3. วิธีการทดลอง

สถานที่ทำการทดลองและเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างประมาณ 750 มล. ใส่ขวดพลาสติกที่สะอาด เติมกรดไนตริกเข้มข้น 1.5 มล. เก็บไว้ในตู้เย็น วันที่และจุดที่เก็บตัวอย่าง แสดงไว้ในตารางที่ 3-1 นำไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักที่ศูนย์ทรัพยากรธรณีเขต 1 จังหวัดสงขลา

ตาราง 3-1 แสดงจุดเก็บน้ำจากทะเลสาบสงขลา

วัน เดือน ปี	จุดเก็บตัวอย่าง
1 มี.ค. 34	1. ปากคลองระโนด
1 มี.ค. 34	2. บ้านดูขุด
1 มี.ค. 34	3. เกาะยอ
1 มี.ค. 34	4. ปากคลองพะวง
1 มี.ค. 34	5. ปากคลองสำโรง
1 มี.ค. 34	6. ปากคลองขวาง
1 มี.ค. 34	7. ปากทะเลสาบสงขลา
5 มี.ค. 34	8. ปากคลองสำปำ
5 มี.ค. 34	9. ปากคลองอู่ตะเภา



รูปที่ 3-1 แสดงจุดเก็บตัวอย่างบริเวณทะเลสาบสงขลา

มหาวิทยาลัยทักษิณ THAKSIN UNIVERSITY

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

- เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ โมเดล AA-680 ของ ชิมาดสุ (Shimadsu)
- ไฮไดรด์เจเนอเรเตอร์ โมเดล HVG-1
- เตาอบ โมเดล 6-1350A
- แผ่นร้อน (Hot plate)
- กรวยแยก (Separatory funnel)
- ตะเกียงบุนเสน (Bunsen burner)
- ถ้วยกระเบื้อง (Poscelain crucible)
- ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flash) ขนาดต่าง ๆ

สารเคมี

- สารละลายแมกนีเซียมไนเตรต 50% w/v (50% w/v $Mg(NO_3)_2$) โดยชั่ง $Mg(NO_3)_2$ 125 g ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตร ขนาด 250 ml
- กรดไนตริก 20% v/v (20% v/v HNO_3) เตรียมจากกรดไนตริกเข้มข้น (70%) 285.7 ml เติมลงในน้ำ 400 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1,000 ml ในขวดวัดปริมาตร
- สารละลายแอมโมเนียมไพโรลิดีนไดไทโอคาร์บาเมต (APDC) 2% w/v โดยชั่ง APDC 5 g ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 250 ml ในขวดวัดปริมาตร
- สารละลายไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนซิเตรต (DHC) 11.9% เตรียมชั่ง DHC 124g ละลายในน้ำ 500 ml เติม APDC 2% 12.5 ml เขย่าให้เข้ากันแล้วสกัดด้วย $CHCl_3$ 25 ml และ 10 ml อีก 2 ครั้ง โดยไขแยกชั้น $CHCl_3$ ออกทุกครั้ง จากนั้นก็เก็บชั้นน้ำในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 ml เติม NH_4OH เข้มข้น 80 ml แล้วเขย่าให้เข้ากัน ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 500 ml
- กรดไฮโดรคลอริก 5 M (5 M HCl) เตรียมจาก HCl เข้มข้น 208.3 ml เติมลงในน้ำ 200 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 500 ml ในขวดปริมาตร
- สารละลายโซเดียมโบโรไฮไดรด์ 0.4 % (0.4 % $NaBH_4$) เตรียมโดยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.5 g และโซเดียมโบโรไฮไดรด์ 2.0 g ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 500 ml ในขวดวัดปริมาตร
- สารละลายสแตนัสคลอไรด์ 0.5 M (0.5 M $SnCl_2$) เตรียมโดยชั่ง $SnCl_2$ 22.56 g ละลายในกรดไฮโดรคลอริก 17 ml ปรับปริมาตรให้ได้ 100 ml ด้วยน้ำกลั่นในขวดปริมาตร
- สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 0.5 M (0.5 M $KMnO_4$) เตรียมโดยชั่ง $KMnO_4$ 79 g ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 500 ml
- สารละลายไฮดรอกซีลามีน ไฮโดรคลอไรด์ 0.5 M (0.5 M $OHNH_2.HCl$) เตรียมชั่ง $OHNH_2.HCl$ 6.95 g ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 100 ml

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักทั้ง 6 ชนิด โดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิตรี แสดงในตาราง 4-2 และตาราง 4-3

ตาราง 4-2 แสดงช่วงปริมาณโลหะทองแดง ตะกั่ว สังกะสี แมงกานีส ปรอท และเซเลเนียมในน้ำทะเลสาบสงขลา

ธาตุโลหะหนัก	ปริมาณ (ppm)
ทองแดง	0.003-0.02
ตะกั่ว	0-0.10
สังกะสี	0.030-0.06
แมงกานีส	0.050-0.51
ปรอท	0-0.005
เซเลเนียม	0.001-0.027

ตาราง 4-3 แสดงปริมาณโลหะทองแดง ตะกั่ว สังกะสี แมงกานีส ปรอท และเซเลเนียมในน้ำทะเลสาบสงขลา จำแนกตามจุดเก็บน้ำตัวอย่าง (หน่วย : มิลลิกรัม/ลิตร)

จุดเก็บน้ำตัวอย่าง	ทองแดง	ตะกั่ว	สังกะสี	แมงกานีส	ปรอท	เซเลเนียม
ปากคลองระโนด	0.003	0.01*	0.04	0.51	0.005	0.011
บ้านคูขุด	0.015	0.10	0.04	0.64	0.001	0.012
เกาะยอ (วัดท้ายยอ)	0.017*	0.06	0.05	0.06	0.000	0.012
ปากคลองพะวง	0.008	0.08	0.06	0.06	0.000	0.012
ปากคลองสำโรง	0.018*	0.09	0.05	0.06	0.001	0.027
ปากคลองขวาง	0.017	0.09	0.06	0.18	0.000	0.011
ปากทะเลสาบ	0.020	0.07	0.05	0.05	0.004	0.006
ปากคลองลำปำ	0.002	0.00	0.03	0.20	0.001	0.012
ปากคลองอู่ตะเภา	0.017	0.01	0.03	0.20	0.001	0.012

*ปริมาณเกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนดคุณภาพน้ำทะเลสาบ

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ ปรอท เซเลเนียม ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี และแมงกานีส ในน้ำทะเลสาบสงขลา โดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิตรี

กลุ่มตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างบริเวณปากคลองที่มีน้ำเสียจากชุมชนและแหล่งอุตสาหกรรมที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลารวม 9 จุด ความลึกประมาณ 15 เซ็นติเมตร ใส่ขวดพลาสติก เติมกรดไนตริกเพื่อป้องกันการตกตะกอน เก็บไว้ในตู้เย็น

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ และไฮไดร์เจเนอเรเตอร์

วิธีดำเนินการ

นำน้ำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุทองแดง ตะกั่ว สังกะสี และแมงกานีส แบบพ่นสารโดยตรง วิเคราะห์ปรอทแบบไอเย็น และวิเคราะห์ธาตุเซเลเนียมแบบไฮไดร์ดเจเนอเรชัน

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

ผลการวิเคราะห์พบว่าในน้ำทะเลสาบสงขลามีทองแดง ตะกั่ว สังกะสี แมงกานีส ปรอท และเซเลเนียมอยู่ 0.003 - 0.020, 0 - 0.10, 0.03 - 0.06, 0.05 - 0.51 และ 0.001 - 0.027 มิลลิกรัมต่อลิตร (ppm.) ตามลำดับ

อภิปรายผลและสรุป

เมื่อปี 2532 ฉัตรไชย รัตนไชยและคณะ ได้เสนอตารางมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลาว่าควรมีปริมาณโลหะหนักไม่เกินค่าต่อไปนี้ คือ ปรอท 0.001 ppm. ทองแดง 0.005 ppm. ตะกั่ว 0.01 ppm. สังกะสี 1 ppm. แมงกานีส 1 ppm. จากตาราง 3 จะเห็นว่าปริมาณธาตุทองแดง ตะกั่วและปรอท จากแหล่งน้ำตัวอย่างส่วนใหญ่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลสาบที่เสนอโดยฉัตรไชย รัตนไชย และคณะ ควรได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

แหล่งของตะกั่วอาจมาจากแบตเตอรี่ หมึกพิมพ์ า และสารต้านการน็อกของเครื่องยนต์ แหล่งของปรอทอาจมาจากสารที่ใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม เกษตรกรรมและวิทยาศาสตร์

ส่วนปริมาณธาตุสังกะสี แมงกานีส และเซเลเนียม ยังไม่เกินมาตรฐานคะณภาพน้ำทะเลสาบสงขลา แต่ปริมาณแมงกานีสจากปากคลองระโนดและบ้านคูขุด ก็เริ่มเข้าใกล้ค่าสูงสุดของเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ควรได้รับการตรวจสอบอยู่เสมอ

ควรควบคุมหรือกำจัดโลหะหนักในน้ำทิ้งให้ได้มาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมอย่างแท้จริง อาจใช้วิธีเรซินดูดซับโลหะ หรือการตกตะกอน

ควรวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักดังกล่าวในผลิตภัณฑ์จากทะเลสาบสงขลา ซึ่งใช้เป็นอาหาร ได้แก่ กุ้ง หอย ปู ปลา และสาหร่าย เพื่อจะได้ทราบปริมาณและหาแนวทางเสนอแนะผู้บริโภคต่อไป

มหาวิทยาลัยทักษิณ THAKSIN UNIVERSITY

บรรณานุกรม

ฉัตรไชย รัตนไชยและคณะ, โครงการศึกษาเพื่อกำหนดแผนการจัดการและดำเนินการเพื่อติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลา ระยะที่ 2. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2532.

พนิต เชิดชูพงษ์ และเฟื่องฟ้า อัศวเย็นใจ, รายงานเรื่องการวิเคราะห์ปริมาณสังกะสี แคดเมียม ตะกั่ว และทองแดงในน้ำทะเลสาบสงขลา. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2529.

Donhanser. S., Wagner. D. and Jacob. F., "Critical trace elements in brewing technology. part 2 : Occurrence of arsenic, lead, cadmium, chromium, mercury and selenium in beer. "BRAUWISSENSCHAFT." 1987.

Hallan C. and Thompson K.C. "Determination of load and cadmium in potable waters by atom-trapping atomic-absorption spectrophotometry" ANALYST., 1985.

Jaffar M., Ashraf. M. and Rasool.A. "Heavy metal contents in some selected local freshwater fish and relevant waters. "PAR.J.SCI.INDRES." 1988.

Robinson, J.W., Atomic Absorption Spectroscopy. Marcel Dekker, Inc : New York, 1990.

Zhao.Z.Q., Pang.Z.J., Don.A.Q. and Li.Y.G. "Direct determination of Cu, Cd, Pb, and As by graphite furnance atomic-absorpton method. MAR. ENVIRON. SCI./HAIYANG HUANJING KEXUC. 1987.