

รายงานการวิจัย

เรื่อง
 การปนเปื้อนของตะกั่วและโครเมียมในน้ำทิ้ง
 จากการย้อมสีกระดาษที่ทะเลน้อย
 Lead and Chromium Contamination Useless Water
 from Krajut Dyeing at Talenoi



การวิจัยนี้ ได้รับเงินอุดหนุนจากงบประมาณรายได้

ประจำปีงบประมาณ 2542

หนังสือพิมพ์ให้สมัครปิดของสำนักทอสมค มหาวิทยาลัยทักษิณ
 หากดกอยู่กับผู้ใดโดยไม่ขอขรร
 ้นพบเห็นกรุณาแจ้งสำนักทอสมคด้วย ลิงเป็นกุศล

คำนำ

การวิจัยเรื่อง การปนเปื้อนของตะกั่วและโครเมียมในน้ำทิ้งจากการเชื่อมสีกระดูกที่ทะเลน้อย จากคลองกลางบ้านอ่าวเจ้ จังหวัดพัทลุงนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาปริมาณโลหะหนัก 2 ชนิด คือ ตะกั่ว และโครเมียม พบว่าตะกั่วมีปริมาณเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐานที่ยินยอมให้มีได้ ส่วนโครเมียมมีปริมาณเฉลี่ยไม่เกินค่ามาตรฐานที่ยินยอมให้มีได้ สำหรับปริมาณตะกั่วที่ปนเปื้อนเกินค่ามาตรฐานนั้น ต้องควบคุมการใช้สีเชื่อมกระดูกที่ใช้อยู่ขณะนี้และควรใช้สีเชื่อมอื่นที่มีการปนเปื้อนของตะกั่วให้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ยินยอมให้มีได้ และจะได้นำผลการวิจัยนี้ ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานเผยแพร่ให้หน่วยงานกลุ่มต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้รับทราบต่อไป

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณ คุณจตุรงค์ ถิระนันท์ คุณสุธีราทำจีน คุณอาภรณ์ ประทุมวัลย์ ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ 1 สงขลา และภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ได้อนุเคราะห์ให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จสมบูรณ์

อานอบ คั่นจาะซา

มีนาคม 2542



การปนเปื้อนของตะกั่วและโครเมียมในน้ำทิ้งจากการย้อมสีกระดาษที่ทะเลน้อย

บทคัดย่อ

การศึกษาการปนเปื้อนของตะกั่วและโครเมียมในน้ำทิ้งจากการย้อมสีกระดาษที่ทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง โดยได้เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 10 ตัวอย่าง ในเดือนพฤศจิกายน 2541 กุมภาพันธ์ 2542 และมีถุนายน 2542 มาวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วและโครเมียมโดยวิธีอะตอมมิก แอ็บซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

ผลการวิเคราะห์พบว่า

1. ปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง 0.050 – 0.123 ppm เฉลี่ยเท่ากับ 0.082 ppm ซึ่งเกินค่ามาตรฐานที่ยินยอมให้มีได้ คือ 0.05 ppm
2. ปริมาณโครเมียมอยู่ในช่วง 0.002 – 0.068 ppm เฉลี่ยเท่ากับ 0.025 ppm ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานที่ยินยอมให้มีได้คือ 0.05 ppm



Lead and Chromium Contamination Useless Water from Krajut Dyeing at Talenoi

Abstract

A study of lead and chromium contamination useless water from Krajut dyeing was carried out at Talenoi, Pattalung province in November 1998, February 1999 and June 1999. Ten water samples from Glangban-ow-jae canal were collected and analysed to determine the amount of lead and chromium by atomic Absorption Spectrophotometer.

The findings were as follow :

1. Lead found with the amount of between 0.050 – 0.123 ppm, the average is 0.082 ppm which was significantly higher than the permitted standard value of 0.05 ppm.
2. Chromium found with the amount of between 0.002 – 0.068 ppm, the average is 0.025 ppm which was no higher than the permitted standard value of 0.05 ppm.

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
	จุดมุ่งหมายของการวิจัย	9
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	9
บทที่ 2	ทฤษฎี	10
	มลพิษทั่วไปในแหล่งน้ำ	10
	สีซ้ออมผ้า	39
	อาการพิษจากสีซ้ออมผ้าที่มีโลหะหนักปะปน	47
	การวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometer	53
		53
บทที่ 3	วิธีการดำเนินการวิจัย	63
	การเก็บตัวอย่างน้ำ	63
	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	66
	สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	66
บทที่ 4	ผลการวิจัย	68
	สารละลายมาตรฐาน	68
	กราฟมาตรฐาน	68
บทที่ 5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	79
	สรุปผลการวิจัย	79
	อภิปรายผลการวิจัย	79
	ข้อเสนอแนะ	80
	บรรณานุกรม	81
	ภาคผนวก	83

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	18
2.2	22
2.3	26
2.4	26
2.5	30
2.6	33
2.7	38
2.8	39
2.9	54
2.10	54
2.11	57
2.12	58
2.13	59
2.14	60
2.15	61
2.16	62
3.1	65
3.2	65
3.3	67
4.1	69
4.2	70
4.3	74
4.4	74

รูปที่	หน้า
4.5 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในน้ำทิ้งจากการข้อมลี้ที่บริเวณ ทะเลน้อย จุดที่ 3	75
4.6 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในน้ำทิ้งจากการข้อมลี้ที่บริเวณ ทะเลน้อย จุดที่ 4	75
4.7 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในน้ำทิ้งจากการข้อมลี้ที่บริเวณ ทะเลน้อย จุดที่ 5	76
4.8 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในน้ำทิ้งจากการข้อมลี้ที่บริเวณ ทะเลน้อย จุดที่ 6	76
4.9 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในน้ำทิ้งจากการข้อมลี้ที่บริเวณ ทะเลน้อย จุดที่ 7	77
4.10 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในน้ำทิ้งจากการข้อมลี้ที่บริเวณ ทะเลน้อย จุดที่ 8	77
4.11 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในน้ำทิ้งจากการข้อมลี้ที่บริเวณ ทะเลน้อย จุดที่ 9	78
4.12 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในน้ำทิ้งจากการข้อมลี้ที่บริเวณ ทะเลน้อย จุดที่ 10	78



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 จำนวนประชากรโลกในซีกและค.ศ.ต่าง ๆ	11
2.2 ลักษณะโดยทั่วไปของน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชน	14
2.3 การเปรียบเทียบความเป็นพิษของยาฆ่าแมลงประเภท Organo phosphorus compounds และประเภท Chlorinated hydrocarbon ที่มีต่อปลา blue gill	28
2.4 ตะกั่วในอากาศของสิ่งแวดล้อมที่ต่างกัน	33
2.5 ตะกั่วในดินของสิ่งแวดล้อมที่ต่างกัน	34
2.6 ระดับตะกั่วในเส้นผมของคนกลุ่มต่าง ๆ	37
2.7 แสดงชนิดสีย้อมที่ย้อมติดเส้นใยชนิดต่าง ๆ	45
3.1 แสดง วัน เดือน ปี เวลา อุณหภูมิและ pH ของการเก็บตัวอย่างน้ำ	63
4.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานตะกั่วที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	68
4.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานโครเมียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	68
4.3 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วและ โครเมียมในน้ำทิ้งจากการย้อมสีกระดาษที่ทะเลน้อย ครั้งที่ 1	71
4.4 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วและ โครเมียมในน้ำทิ้งจากการย้อมสีกระดาษที่ทะเลน้อย ครั้งที่ 2	72
4.5 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วและ โครเมียมในน้ำทิ้งจากการย้อมสีกระดาษที่ทะเลน้อย ครั้งที่ 3	72
4.6 แสดงปริมาณเฉลี่ยของโลหะหนักในน้ำทิ้งจากการย้อมสีกระดาษ	73

บทที่ 1

บทนำ

ประเด็นปัญหาที่ผู้วิจัยได้สนใจที่จะศึกษาการปนเปื้อนของตะกั่วและโครเมียมในน้ำที่จากการข้อมลึกระจุคที่ทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง ก็เพราะว่าอยากจะรู้ว่าปริมาณโลหะหนักทั้งสองชนิดซึ่งเป็นองค์ประกอบของลึข้อมได้ปนเปื้อนในน้ำที่มากน้อยเพียงใด และเมื่อไปอยู่ในแหล่งน้ำแล้วการปนเปื้อนของโลหะหนักเหล่านั้นจะมีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดให้มีได้หรือไม่ ประกอบกับชุมนุมสังคัมกับการอนุรักษ์โรงเรียนพัทลุงพิทยาคม จังหวัดพัทลุง ได้รายงานว่าในบางฤดูกาลจะมีปลาตายในแหล่งน้ำที่ทะเลน้อย ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่อยู่ใกล้กับบริเวณอุตสาหกรรมในครัวเรือนการข้อมลึกระจุคเพื่อการทำลึ การตายของปลาในแหล่งน้ำดังกล่าวอาจจะเกิดจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งก็ได้ เช่น การปนเปื้อนของโลหะหนักบางชนิดได้แก่ ตะกั่วและโครเมียมจากกระบวนการข้อมลึเพื่อการทำลึ โดยโลหะหนักจะละลายไปกับน้ำที่ของลึข้อมเกิดเป็นพิษค่อปลาได้หรือของลึจากการทำเกษตรกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเคมีจำพวกปราบศัตรูพืชที่คักค้าง อาจจะอยู่ในรูปต่าง ๆ เช่น $[Pb_3(AsO_4)_2]$ ประเภทคลอรีนเนคเตสไฮโครคาร์บอน ประเภทคลอโรฟีนอกซี , ประเภทอกาโนฟอสเฟต และประเภทคาร์บาเมต เป็นต้น ซึ่งอาจเป็นคันเหตุของการตายของปลาได้ ในงานวิจัยฉบับนี้ได้หาปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วและโครเมียมในน้ำที่จากการข้อมลึกระจุคที่ทะเลน้อยโดยวิธีอะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกโตรสโกปี

จะกล่าวถึงความเป็นพิษจากสารโลหะหนัก (Heavy metal)

สารโลหะเป็นสารพิษกลุ่มใหญ่ พวกหนึ่งที่เป็นอันตรายค่อลึมีชีวิตมากที่สุด อาจเกิดจากรวมชาติหรือจากโรงงานอุตสาหกรรม ทั้ง ๆที่เราว่ามันเป็นสารอันตรายมีกัย แต่มนุษย์ก็ยังไม่จำเป็นต้องใช้มันทำประโยชน์หลายอย่างในอุตสาหกรรม และในชีวิตประจำวันอยู่เสมอพิษบางอย่างก็ยังไม่ได้รับการศึกษาอย่างละเอียด สารโลหะมีหลายชนิดคแต่ส่วนใหญ่คุณสมบัตึในการเกิดพิษนั้นคล้ายคลึงกัน สารโลหะที่ทำให้เกิดมะเร็งในสัตว์ทดลองได้แก่ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม นิเกิล เบอร์เลียม และเซเลเนียม สารโลหะที่สร้างปัญหาให้แก่ชุมชนและลึแวงลึ้อมมากที่สุดคือปรอทและตะกั่ว จึงมีการศึกษาสาร 2 คตัวนี้มากกว่าสารอื่น ๆ ถัดไปคือแคดเมียม นิเกิล ถ้ามีปริมาณของสารโลหะที่สะสมในอากาศ น้ำและอาหารมากเกินระดับ อันตรายจะเกิดจริง ๆ กับมนุษย์และสัตว์ เมื่อลึข้อมมาถึงก็ยากเกินที่จะแก้ไขได้ทันทำให้ลึข้อมสัมผัสรับเคราะห์กรรมเองอย่างช่วยเหลือไม่ได้ สารโลหะหนักเป็นปัญหาทำให้เกิดมลภาวะทั้งในอดีตและปัจจุบันสารโลหะที่เป็นพิษที่จะนำมาพูดนั้นคคเลือกที่พบบ่อย ๆ ในประเทศไทย มีอุบัติเหตุและการพบสารพิษคักกล่าวที่จะกล่าวถึงได้แก่ตะกั่ว และโครเมียม

พิษจากตะกั่ว

ตะกั่วเป็นโลหะชนิดหนึ่งที่มีมนุษย์นำมาใช้เป็นประโยชน์มากเป็นเวลามากกว่าพันปี และใช้ในการพัฒนาอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ มาเป็นเวลานาน ตลอดจนขยายเข้าสู่ระบบการผลิตสินค้าในรูปแบบต่าง ๆ ตามวิทยาการและเทคโนโลยีสมัยใหม่ จนทำให้ตะกั่วเป็นสารที่ก่อพิษต่อมนุษย์มากยิ่งขึ้น ทั้ง ๆ ที่ตะกั่วเป็นสารพิษก่ออันตรายต่อร่างกายโดยสามารถทำลายประสาทสำคัญต่าง ๆ ของร่างกายได้ หากได้รับในปริมาณที่เกินขีดความสามารถของร่างกายจะได้รับแค่เนื่องจากตะกั่วใช้ในอุตสาหกรรมหลายอย่างเช่น การทำแบตเตอรี่รถยนต์ อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน เคลือบสายเคเบิล อุตสาหกรรมหลอมตะกั่ว การผลิตสี อุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา อุตสาหกรรมหลอมตะกั่ว การผลิตสี อุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา อุตสาหกรรมตัวพิมพ์ การผลิตกระสุน การเชื่อมแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ยาน้ำแมลง มนุษย์จึงจำเป็นต้องสัมผัสกับตะกั่วที่เราอาจพบตะกั่วได้ในสิ่งแวดล้อมทุกรูปแบบในอากาศ ดิน น้ำ พืช เครื่องอุปโภคบริโภคในครัวเรือน เป็นเหตุให้มีผู้รับพิษจากสารตะกั่วได้ง่ายยิ่งขึ้น/ และปริมาณสารพิษตะกั่วที่พบว่าได้จากแหล่งต่าง ๆ มีดังนี้

แหล่งกำเนิดสารพิษตะกั่ว

1. แหล่งจากการประกอบอาชีพ ได้แก่การทำเหมืองตะกั่ว อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ การนำของเก่าที่มีตะกั่วผสมอยู่มากมาหลอมใช้ใหม่ การบรรทุกหรือขนถ่ายสิ่งของที่มิใช่ตะกั่วผสมอยู่ การทำให้ตะกั่วบริสุทธิ์ การผลิตบรอนซ์ตะกั่ว สีตะกั่ว ตะกั่วผง และตะกั่วในรูปแบบอื่น ๆ การผลิตแก้วที่มีตะกั่วปนอยู่ การทาหรือทาสีกันสนิม การใช้สารประกอบของตะกั่วในรูปแบบที่เป็นผงในการผลิตแบตเตอรี่ การเคลือบด้วยสารตะกั่ว การเชื่อมหรือตัดโลหะที่มีตะกั่วหรือสีตะกั่วผสมอยู่โดยใช้ความร้อน การต้มน้ำมันหรือขี้ผึ้งโลหะที่มีตะกั่วผสมอยู่ การชุบโลหะ การทำเครื่องปั้นดินเผา การทำและบรรจุสารกำจัดศัตรูพืช การเรียงพิมพ์ การทำเครื่องประดับโลหะ การทำลูกปืน การบัดกรีตะกั่ว การทำอุปกรณ์ทำพื้น การซ่อมหม้อแบตเตอรี่ การเติมน้ำมัน การซ่อมถังน้ำมัน การใช้น้ำมันเบนซินล้างทำความสะอาดเครื่องชนิดต่าง ๆ ทั้งนี้แหล่งจากการประกอบอาชีพเป็นแหล่งที่ให้สารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายคนได้มากที่สุด

2. แหล่งจากอากาศที่ปนเปื้อนตะกั่ว โดยทั่วไปแล้วการหายใจเอาตะกั่วในอากาศนั้นเป็นทางได้รับตะกั่วที่สำคัญ ที่หัตถอาชีพและการจราจรจะมีผลอย่างมาก โดยระดับตะกั่วสัมพันธ์กับปริมาณการจราจรเฉลี่ยในแต่ละวันของถนนสายสำคัญใกล้บ้านนอกจากนั้นสถานบริการน้ำมันเป็นแหล่งทำให้อากาศปนเปื้อนตะกั่วได้

3. หลังจากดินและฝุ่น ดินและฝุ่นได้รับตะกั่วโดยการสะสมจากตะกั่วในอากาศที่ได้จากรถยนต์ โรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งอื่น ๆ รวมทั้งแผ่นสีเก่าหลุดมาสะสมในดิน โดยตะกั่วที่สะสมมักจะอยู่ในบริเวณผิวดินพบมากในเด็กเนื่องจากพฤติกรรมชอบสำรวจ จึงทำให้เด็กเหล่านี้มักมีโอกาสได้รับตะกั่วจากดินและฝุ่นโดยการกินด้วย

4. หลังจากอาหารและน้ำดื่ม พืชผลที่เจริญเติบโตใกล้ทางสัญจรหรือสถานีบริการน้ำมัน จะมีความเข้มข้นของตะกั่วที่สะสมจากตะกั่วในอากาศมากกว่าพืชผลที่เจริญเติบโตในบริเวณอื่น ตะกั่วสามารถสะสมในอาหารระหว่างขบวนการผลิตและขนส่ง อาหารกระป๋องโดยเฉพาะอาหารที่มีฤทธิ์เป็นกรด จะสามารถละลายส่วนที่เป็นตะกั่วจากกระป๋องที่บรรจุได้

ตะกั่วในน้ำดื่มส่วนใหญ่ได้มาจากการละลายจากท่อประปาที่มีตะกั่วผสมอยู่โดยเฉพาะถ้าน้ำคังกล่าวมีฤทธิ์เป็นกรดด้วย

5. หลังจากเครื่องถ้วยชามที่เคลือบปนสารตะกั่ว ในสหรัฐอเมริกา มีรายงานการเป็นพิษตะกั่วอยู่หลายครั้ง จากแหล่งเครื่องถ้วยชามนี้ เพราะเครื่องถ้วยชามดังกล่าวสามารถปล่อยตะกั่วจำนวนมากไปในอาหารและเครื่องดื่มได้ โดยเฉพาะชิ้นที่มีการร้าว แตก หรือแม้แต่มีการใช้มากและล้างขัดมากพบว่าใน porcelain enamel powder มีตะกั่วออกไซด์อยู่ถึงร้อยละ 30-40

6. จากแหล่งสีที่มีตะกั่วเป็นพื้น สีที่มีตะกั่วเป็นแหล่งที่ให้ตะกั่วปริมาณสูง ซึ่งในปี พ.ศ. 2520 รัฐบาลอเมริกาได้ออกกฎหมายให้สีที่ใช้ทาสีบ้านมีตะกั่วได้ไม่มากกว่าร้อยละ 0.06 (600 ppm) โดยน้ำหนักสีขณะแห้ง เด็กที่อาศัยอยู่ในบ้านที่ปนเปื้อนด้วยตะกั่วหรือบ้านที่ทาสีด้วยสีที่มีตะกั่ว ทั้งสีภายในและภายนอกเป็นเด็กที่เสี่ยงต่อการได้รับตะกั่ว ยิ่งถ้าสีนั้นเก่าและมีการหลุดลอกด้วยจะเกิดเศษชิ้นเล็ก ๆ และฝุ่นที่มีตะกั่วผสมอยู่ตามพื้นและบริเวณบ้านทำให้เด็กซึ่งมีพฤติกรรม "มือสู่ปาก" ได้รับตะกั่วเข้าไปสะสมในร่างกายได้

7. สีจากแหล่งอื่น ๆ ตะกั่วสามารถพบในยาแผนโบราณ เช่น ยาจีนหลายชนิด ซึ่งเราอาจได้รับตะกั่วจำนวนมาก ๆ ต่อครั้งได้ ยังอาจได้จากการสูดดมน้ำมันก๊าซโซลีน การเผาไขมันที่ทิ้งแล้วจากกระดาษหนังสือพิมพ์สีจากเปลือกแบตเตอรี่ ซึ่งเคยมีรายงานในประเทศไทย เมื่อปี 2514 แล้วในเครื่องสำอางที่ผลิตขึ้นอย่างไม่เหมาะสมบางชนิด เช่น แป้งทาหน้า ยาชนิดน้ำคันทิยมประเภท external astringents การใช้น้ำมันหล่อลื่นบางชนิดซึ่งมีตะกั่วเป็นส่วนประกอบถึงร้อยละ 30

วิธีที่ตะกั่วจะเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทางคือ

1. ทางการหายใจ โดยสูดไอตะกั่วเข้าไปขณะทำงาน เช่น การหลอมตะกั่ว การบัดกรีท่อไอเสียรถยนต์

2. ทางปาก โดยการกินอาหารหรือขนมที่มีการปนเปื้อนของสารตะกั่วตลอดจนการใช้ภาชนะที่เคลือบด้วยสีที่มีส่วนผสมของสารตะกั่วเป็นตัวการทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารตะกั่วในอาหารได้ เช่น ไข่เยี่ยวม้า อาหารที่ใส่สี ด้วยขามเซรามิค ตะเกียบ กระดาษหนังสือพิมพ์ที่เป็นถุงนำมาใส่ของทอด ชาจีน ของเด็กเล่น ผู้ประกอบอาชีพปลักอวน แห ไร่ตะกั่วอ่วง อาจใช้ปากกัดตะกั่ว

3. ทางผิวหนัง ในน้ำมันเค็มรถยนต์ที่ต้องการให้มีค่าออกเทนสูงจำเป็นต้องเติมสารตะกั่วจะออกมากับท่อไอเสีย แป้งทาตัว การเผาแบตเตอรี่ทำเป็นเชื้อเพลิง

การเกิดเป็นพิษจากตะกั่วส่วนใหญ่เกิดจากอาชีพที่ต้องสัมผัสกับสารตะกั่วและความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ทำพฤติกรรมในการเป็นสื่อนำตะกั่วมาสู่ตัวเองโดยไม่รู้ตัว ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องให้สุขศึกษาแก่ผู้ประกอบอาชีพที่ต้องเสี่ยงต่อการได้รับพิษจากสารตะกั่ว ให้รู้ถึงพิษภัยของตะกั่วจะได้รู้จักวิธีป้องกันและหลีกเลี่ยงจากการได้รับสารพิษดังกล่าว

ตัวอย่างเหตุการณ์ที่ประชาชนได้รับสารพิษตะกั่ว

1. สารตะกั่วปะปนในเครื่องคั้นและอาหาร เช่นการใช้ภาชนะด้วยขามหม้อดิน แก้วน้ำที่เป็นเครื่องเคลือบดินเผา หรือเซรามิคที่เคลือบสีที่มีสารตะกั่วผสมเมื่อนำภาชนะดังกล่าว ไปบรรจุน้ำผลไม้รสเปรี้ยว เช่น น้ำส้ม มะนาว หรือผักคอง จะทำให้สารตะกั่วจากสีเคลือบละลายออกมาปะปนในอาหารได้ ผู้บริโภคจะได้รับพิษจากสารตะกั่วโดยไม่รู้ตัว

2. การทำสุราเถื่อนโดยใช้หม้อน้ำรถยนต์เป็นควมแน่นในการกลั่นเหล้าหรือใช้ท่อสังกะสีที่บักกรีด้วยตะกั่วเป็นเครื่องควมแน่น สุราเถื่อนที่ได้รับจะมีตะกั่วในปริมาณสูงมาก

3. หมึกพิมพ์สีต่าง ๆ ทุกชนิดจะมีตะกั่วเป็นส่วนประกอบ หมึกสีเหลือง เขียว มีสารตะกั่วมากที่สุด รองลงมา คือสีส้ม น้ำเงิน แดง การที่ผู้ขายอาหารนำกระดาษหนังสือพิมพ์มาทำถุงกระดาษบรรจุอาหารที่มีความชื้นสูงหรือมีน้ำมัน เช่น ก๋วยเตี๋ยว ผาทองไก่ มะม่วงคอง สับประค ฯลฯ สารตะกั่วในหมึกพิมพ์จะซึมติดอาหารและเป็นสื่ออันตรายนำสารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายผู้บริโภค เป็นสาเหตุของโรคโลหิตจาง หัวใจ ไต พิกการ มะเร็ง จงหลีกเลี่ยงการใช้ถุงกระดาษที่เป็นหนังสือพิมพ์เสียแต่บัดนี้เพื่อความปลอดภัย

4. สารตะกั่วที่ปะปนในน้ำมันเบนซินในอัตราส่วน 0.7 กรัม/ลิตร เพื่อถนอมเครื่องยนต์ของเครื่องยนต์และให้ค่าออกเทนสูงนั้น ท่อไอเสียที่พ้นออกมาจากรถจะเป็นควันพิษอยู่ในอากาศด้านรถอยู่ในบริเวณที่มีการจราจรคับคั่งหนาแน่น ก็จะได้รับสารตะกั่วจากควันท่อไอเสียรถยนต์ด้วย ปีละระดับความปลอดภัย ตรวจเลือดควรมีระดับสารตะกั่วในเลือดไม่เกิน 40 ไมโครกรัม/100 กรัม

5. พ.ศ. 2518 ล.คลองครุ อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ ได้เกิดการระบาดของพิษของสารตะกั่วเพราะมีการนำกากแบตเตอรี่ซึ่งมีตะกั่วปะปน ไปถมถนนและทางบริเวณทางเข้าของหมู่บ้าน ทำให้ฝัก น้ำส้มมีตะกั่วปนเปื้อน ประชาชนในละแวกนั้นจึงพลอยได้รับสารพิษไปด้วย เด็กมีอาการไม่สบายเลือดจางรุนแรงโรคทางระบบประสาทต่อมาอีก 2 ปี เด็กหลายคนถึงแก่กรรม

การปนเปื้อนของสารตะกั่วในแหล่งน้ำต่าง ๆ ยังพบมากโดยเฉพาะในแม่น้ำสายต่าง ๆ จากการสำรวจปี พ.ศ. 2529-2531 จากการให้สัมภาษณ์ของนางนิยา มหาผล ผู้อำนวยการกองอนามัยและสิ่งแวดล้อมว่ามีการปนเปื้อนของสารตะกั่วในแม่น้ำสายต่าง ๆ เป็นอันมาก ได้แก่แม่น้ำเพชรบุรี แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำที่พบสารพิษสูงที่สุดคือแม่น้ำปิตตานีมีถึง 15.1 มก./ลิตร ซึ่งเทียบกับมาตรฐานสากลคุณภาพน้ำเพื่อการประปาขององค์การอนามัยโลก ให้มีสารตะกั่วปะปนได้ 0.05 มก./ลิตร ซึ่งเป็นเรื่องน่าเป็นห่วงใหญ่ต่อสุขภาพของประชาชนที่ต้องบริโภคน้ำที่มีสารพิษปะปนอยู่ ทำให้เป็นสาเหตุของโรคต่าง ๆ เช่น ปวดศีรษะเรื้อรัง ความจำเสื่อม กล้ามเนื้ออ่อนแรง เลือดจาง

6. พืชสารตะกั่วจากแป้งท้าว จ.ชลบุรี เด็กอายุ 7 สัปดาห์ มีอาการกระสับกระส่ายอาเจียน ซึมไม่ดูคนม เด็กมีอาการเกร็ง หลังแอ่น แขนงอเหมือนชัก และอาเจียนที่เต็มไปด้วยสีน้ำตาล แพทย์รับไว้รักษาตัวแม่เด็กเล่าว่าเด็กมีผดผื่นคันคักก่อน ต่อมาเมื่อญาติแนะนำแป้งท้าว ยี่ห้อยู่ยู่ ซึ่งซื้อจากร้านขายยาจีนทำจากฮ่องกง ไม่มีฉลากภาษาไทยระบุสรรพคุณแป้ง มีแต่ภาษาจีน ราคา 25 บาท/100 กรัม แม่เด็กนำแป้งมาทาที่ข้อพับแขนขา นาน 4-5 สัปดาห์ มีการตรวจพบว่าแป้งยี่ห้อยู่ยู่นี้มีสารตะกั่วปะปนอยู่สูงถึง 60.34 กรัม/100 กรัม ซึ่งเป็นแป้งที่นิยมใช้มากในหมู่คนจีนในผู้ใหญ่อากการพิษที่เกิดจากสารตะกั่วอาจเกิดช้า ไม่ชัดเจนรวดเร็วเหมือนในเด็ก จึงไม่เป็นที่สังเกตของผู้ที่ใช้แป้งดังกล่าว แป้งนี้มักใช้ทาหน้าในนักแสดงงิ้วของจีนผสมตะกั่วเพื่อทำให้เหงื่อออกน้อยและแป้งติดทนไม่หลุดง่าย ใช้ทาหน้าได้นาน

7. ปี 2524 เด็กอายุ 8 เดือน มีอาการชักเนื่องจากพิษของสารตะกั่วพบว่าเด็กกินนมแม่ซึ่งตรวจพบว่ามีปริมาณของสารตะกั่วอยู่สูงถึง 40 ไมโครกรัม/100 มิลลิกรัม ในขณะที่ค่าปกติในนมแม่ควรมีการปะปนของสารตะกั่วได้เพียง 8.5 ไมโครกรัม/100 มิลลิกรัม สาเหตุเพราะครอบครัวนี้อาศัยอยู่ในโรงงานแบตเตอรี่ ทำให้มีโอกาสได้รับสารตะกั่วตลอดเวลา และได้ทำการตรวจเลือดของพนักงานที่ทำงานในโรงงานดังกล่าวพบว่ามีความสูงถึง 60-120 ไมโครกรัม/100 มิลลิกรัม ต่างจากค่าปกติที่ควรเป็นคือ 40 ไมโครกรัม/100 มิลลิกรัม เมื่อในเลือดแม่มีสารตะกั่วมากดังนั้นในน้ำนมจึงมีพิษตะกั่วอยู่ด้วยเด็กจึงพลอยได้รับตะกั่วจากแม่ด้วย

8. ผู้ป่วยมีอาการหกลมตะกั่วดำหรับมือแบบเตอร์จึงหายใจเอาไอตะกั่วเข้าไปในขณะที่หกลมตะกั่วทุกวันต่อมามีอาการปวดท้องแบบโคลิค คือปวดท้องอย่างมากรุนแรงและพบรอยดำที่เหงือกแพทย์ตรวจร่างกายสันนิษฐานว่าได้รับสารตะกั่วจนเกิดอาการพิษดังกล่าว

9. สารตะกั่วในไข่เยี่ยวม้า มีการตรวจพบว่าการปนเปื้อนของสารตะกั่วในไข่เยี่ยวม้า ปริมาณสูงมากซึ่งตรวจพบโดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์มีปริมาณตะกั่ว 0.91-81.71 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เพราะโรงงานที่ผลิตไข่เยี่ยวม้าอาจใช้สารตะกั่วเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการให้ไข่ขาวเป็นรูที่คงตัว ไม่คืนตัวเป็นน้ำและเป็นไข่เยี่ยวม้าโดยให้ใช้เวลาน้อยกว่าการทำปกติที่ใช้แค่ปูนขาวและแกลบหุ้มไข่สด ดังนั้นผู้บริโภคไข่เยี่ยวม้าเป็นประจำจะได้รับสารตะกั่วโดยไม่รู้ตัว คำเตือน ไม่ควรทานไข่เยี่ยว

มีเกินอาทิตย์ละ 4 ฟอง และควรสังเกตเครื่องหมาย ออ. ในการรับรองคุณภาพของสินค้าที่ผลิตควบคุมโดยกองอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุขว่าปลอดภัยปราศจากสารพิษเจือปน

กระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดคุณภาพและมาตรฐานของไข่เยี่ยวม้าตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 91 พ.ศ. 2528 ให้ตรวจพบสารตะกั่วได้ไม่เกิน 4 มิลลิกรัม/ไข่ 1 กิโลกรัม

*อาการพิษของตะกั่ว อาจแสดงให้เห็นดังนี้

1. ระบบทางเดินอาหาร ผู้ป่วยจะเบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ท้องผูก ปวดท้องแบบโคลิค
2. ระบบประสาทส่วนปลาย ผู้ป่วยจะอ่อนแรง กล้ามเนื้อแขนขา เผลียงไม่มีแรง ปวดตามข้อมือ เท้าห้อย อาจเป็นอัมพาตได้
3. อาการทางสมอง มักพบในเด็กที่ได้รับสารตะกั่วในปริมาณที่สูงเช่นการกิน หรือสูดไอระเหยของตะกั่ว จะเกิดอาการนอนไม่หลับ ผื่นร้ำช อารมณ์ฉุนเฉียวไวต่อการถูกกระตุ้นมากกว่าปกติ สติคุ้มสติคุ้มร้าย ชักหมดสติ
4. ระบบเลือด จะเกิดโรคโลหิตจาง ซีด อ่อนเพลีย ตัวเหลืองตาเหลือง

ตรวจพบการสะสมตะกั่วในร่างกายได้โดยการพบ Lead line ซึ่งเป็นเส้นทึบสีดำ น้ำเงินเข้ม หรือน้ำตาล ที่ได้แนวพื้น ประมาณ 1-2 มม. เป็นเส้นตรง ขอบชัดโดยพบ lead line หรือ Burton's line

*การควบคุมป้องกัน

1. ควบคุมสภาพแวดล้อมทั่วไป ในโรงงานอุตสาหกรรมให้มีไอตะกั่วอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย
2. ใช้เครื่องป้องกันไอตะกั่ว เช่น หน้ากากป้องกันฝุ่น
3. มีการตรวจร่างกายสุขภาพคนงานอยู่เสมอว่ามีอาการพิษของตะกั่วหรือไม่โดยดูจากปัสสาวะ, ตรวจเลือด

*พิษจากโครเมียม โลหะโครเมียมถูกใช้มากในการชุบเคลือบโลหะเพื่อกันสนิมและให้เป็นเงางามใช้ใส่ในโลหะผสมทั้งหลายโดยเฉพาะในเหล็กกล้าสารประกอบโครเมียมถูกใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง สีย้อมวัสดุต่างๆ น้ำกรดแบบเคอรี สีรองพื้นก่อนเคลือบด้วยสีอื่นและกรดโครมิก ใช้เป็นยาแก้หูดและยาทาภายนอกในร่างกาย คนที่ทำงานเกี่ยวกับการล้างและอัดรูปถ่าย

การได้รับพิษนั้นมักอยู่ในรูปไอของสาร โครเมียมในขณะที่ทำการชุบโลหะ

ความเป็นพิษ

สารโครเมต กรดโครมิก จะทำลายเนื้อเยื่อเฉพาะแห่ง ทำให้กลายเป็นแผลพุพองตามผิวหนัง เรียกว่า "Chromic Holes" เกิดจากการสะสมของฝุ่นละอองของโครเมียม ซึ่งโดยมากจะเริ่มที่รอยถลอกของผิวหนังและจะพบมากที่สุดที่โคนเล็บมือตามข้อที่นิ้วมือหรือที่หลังเท้า มีลักษณะเป็นแผลวงกลมขอบค่อนข้างเรียบ ภูมิคุ้มกันลงไป ปกติมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร หรือเล็กกว่า

ซึ่งจะมองคล้ายถูกเจาะด้วยดาบ ถึงแม้ว่าแผลนี้ไม่เจ็บปวด แต่จะคันอย่างมากในเวลากลางคืน ต่อมาแผลนี้อาจเกิดการติดเชื้อขึ้น และอาจทำให้ลุกลามไปถึงข้อต่อใกล้เคียงซึ่งอาจทำให้ต้องตัดนิ้วทิ้ง ผู้คนของเกลือโครเมียมหรือควีนของกรดโครมิก อาจตกลงบนหนังตาหรือปลายจมูกซึ่งอาจเกิดแผลขึ้นได้เช่นเดียวกัน

นอกจากนี้แคดเมียมยังทำให้โพรงจมูกบวม ระคายเคืองตา ทางเดินลมหายใจถ้าได้รับทางปากจะทำให้ปวดท้อง เป็นแผลในกระเพาะ ถ้าได้ อ่อนเพลีย ปวดข้อ มีตับอักเสบ คีซ่าน นอกจากนี้ยังพบว่าเป็นสารก่อมะเร็ง อีกด้วย

มาตรฐานของโครเมียมในสิ่งแวดล้อมในการทำงาน

โครเมียมหรือสารประกอบของโครเมียมที่มีอยู่ในบรรยากาศการทำงานที่ปลอดภัยต่อคนงานที่ทำงานวันละ 7-8 ชั่วโมง หรือสัปดาห์ละ 40-42 ชั่วโมง จะต้องไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้

งานที่ต้องทำเกี่ยวข้องกับควีนของกรดโครมิกจะต้องมีได้ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม ต่ออากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร

งานที่ต้องทำเกี่ยวข้องกับฝุ่นละอองของโครเมียมจะต้องมีได้ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม ต่ออากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร

การควบคุมและป้องกัน

เนื่องจากโครเมียมเป็นสารที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ซึ่งอาจทำให้ร่างกายพิการได้ ดังนั้นจึงควรหาทางป้องกันมิให้เกิดอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงาน ดังนี้

1. จัดให้มีการระบายอากาศ หรือถ่ายเทอากาศในบริเวณที่ทำงานให้ปลอดภัยและให้มีระดับของโครเมียมหรือสารประกอบอยู่ในมาตรฐานที่กำหนดให้โดยจัดให้มี
 - 1.1 การระบายอากาศโดยทั่ว ๆ ไป เพื่อให้มีอากาศบริสุทธิ์แก่คนงาน
 - 1.2 การระบายอากาศเฉพาะที่เพื่อจุดเอาควีนของกรดโครมิกหรือฝุ่นละอองของโครเมียมตรงบริเวณปฏิบัติงานของคนงานที่มีอาการฟุ้งกระจายของโครเมียมและทำการกักเก็บเพื่อมิให้ฟุ้งกระจายไปยังที่อื่น ๆ ต่อไปอีก
2. หมั่นรักษาความสะอาดของโรงงาน เพื่อมิให้มีการสะสมฝุ่นละอองของโครเมียมซึ่งอาจฟุ้งกระจายมาสัมผัสกับผิวหนังคนงานได้
3. จัดหาที่ล้างมือ ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า ห้องอาบน้ำ เพื่อให้คนงานได้ล้างมือเปลี่ยนเสื้อผ้า และอาบน้ำชำระร่างกายเมื่อเสร็จจากการปฏิบัติงาน เพื่อมิให้มีการสะสมอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

4. จัดหาอุปกรณ์ในการป้องกันอันตรายส่วนบุคคลแก่พนักงาน ที่ปฏิบัติงานได้แก่
 - 4.1 เครื่องกรองอากาศที่เหมาะสม เพื่อป้องกันมิให้คนงานหายใจเอาฝุ่นละอองหรือควันของโครเมียมเข้าสู่ร่างกาย
 - 4.2 เสื้อคลุมสำหรับใส่ปฏิบัติงานและจะต้องเปลี่ยนทุก ๆ วัน เพื่อมิให้เกิดการหมักหมม
 - 4.3 ถุงมือยาง สวมใส่ป้องกันมิให้ถูกสารละลายของกรดโครมิกและฝุ่นละอองของโครเมียม
 - 4.4 ผ้าขางกันเขื่อน ให้คนงานใช้เพื่อป้องกันการหกของกรดโครมิก
 5. การออกแบบถังชุบโครเมียมที่ดี โดยพิจารณาถึงลักษณะการทำงานคนงานความสูงของคนงานที่ปฏิบัติงาน ทำท่างในการยกของและการหกถันของสารละลาย
 6. ตรวจสอบหาปริมาณของโครเมียมหรือสารประกอบ เป็นระยะ ๆ เมื่อพบเกินมาตรฐาน ต้องรีบดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงให้ปลอดภัย
 7. ตรวจสอบสุขภาพของคนงานเป็นระยะ ๆ เพื่อค้นหาความผิดปกติของคนงาน
- *อาการพิษจากสีย้อมผ้าที่มีโลหะหนักปะปน
- ตะกั่ว
- ระยะแรกจะทำให้ร่างกายอ่อนเพลีย เบื่ออาหาร ปวดศีรษะ โลหิตจาง ถ้ามีสะสมมากขึ้นผู้นั้นจะมีอาการอัมพาตที่แขนขา สมองไม่ปกติ เพื่อ ชักกระตุก หมคสติในเวลาต่อมา
- โครเมียม
- ถ้าพอกพูนในร่างกายเกินขนาดจะเกิดอาการเวียนศีรษะ กระจายน้ำรุนแรง อาเจียน หมคสติ และเสียชีวิต เนื่องจากไตไม่ทำงานปัสสาวะเป็นพิษ

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อหาปริมาณโลหะหนักบางชนิด เช่น ตะกั่ว และโครเมียม ซึ่งอาจจะปนเปื้อนในน้ำทิ้งจากการข้อมสึกระจุบบริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง
2. เพื่อเผยแพร่ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยเกี่ยวกับการปนเปื้อนของตะกั่วและโครเมียมในน้ำทิ้งจากการข้อมสึกระจุบที่บริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง ให้หน่วยงานกลุ่มต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทราบประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
 1. ได้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณตะกั่ว และโครเมียมที่อาจจะปนเปื้อนในน้ำทิ้งจากการข้อมสึกระจุบบริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง
 2. สามารถติดตาม ตรวจสอบ ป้องกัน และแก้ไข ได้ทันเมื่อพบการปนเปื้อนของตะกั่วและโครเมียมเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด
 3. มหาวิทยาลัยทักษิณสามารถบริการความรู้ ข้อมูลการวิจัยเบื้องต้นแก่หน่วยงานหรือกลุ่มต่าง ๆ ที่รับผิดชอบเพื่อนำไปแก้ไขปรับปรุง และหาแนวทางป้องกันต่อไป



บทที่ 2

ทฤษฎี

ในบทนี้จะกล่าวถึงมลพิษทั่วไปในแหล่งน้ำ สีส้อมผ้า อาการพิษจากสีส้อมผ้าที่มีโลหะหนักปะปน และเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 มลพิษทั่วไปในแหล่งน้ำ

การศึกษาและวิจัยในเรื่องมลพิษเพิ่งตื่นตัวมาเมื่อไม่นานมานี้ มีผู้ที่ให้คำจำกัดความเกี่ยวกับมลพิษของน้ำไว้หลายท่าน เช่น Coulson และ Forbes ในปี ค.ศ. 1952 เป็นนักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกัน ได้ให้ความหมายไว้ว่า “มลพิษของน้ำคือน้ำที่มีสภาพผิดไปจากธรรมชาติโดยการเติมบางสิ่งบางอย่างลงไป ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นไม่สามารถรับน้ำตามธรรมชาติที่ควรได้รับ” ต่อมาในปี ค.ศ. 1957 Gorlinski ซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์อเมริกันเช่นเดียวกันได้แยกความหมายของคำว่าประอะเปื้อน ออกจากมลพิษ เขากล่าวว่าการประอะเปื้อนควรใช้กับน้ำเสียที่เป็นภัยทางด้านสาธารณสุข ส่วนมลพิษควรใช้กับน้ำเสียที่ไม่เป็นภัยทางสาธารณสุข แต่เป็นภัยต่อการใช้น้ำในทางอื่น เช่น การประมง การเกษตร และการอุตสาหกรรม ต่อมานักวิทยาศาสตร์ส่วนมากที่ศึกษาในแขนงของปัญหามลพิษของน้ำได้มีความเห็นร่วมกันว่า มลพิษของน้ำคือการที่น้ำซึ่งอยู่ในสภาพที่คนใช้ได้ สัตว์น้ำอาศัยอยู่ได้ตลอดวงจรชีวิต มีสภาพที่เลวลงเนื่องจากมีสิ่งแปลกปลอมถูกเติมลงไป

2.1.1 สาเหตุสำคัญของการเกิดปัญหามลพิษของน้ำ

ปัญหามลพิษที่เราเห็นกันอยู่ทุกวันนี้ ไม่ว่าจะเกิดขึ้นในแหล่งน้ำก็ตามหรือบนบกก็ตามสาเหตุที่สำคัญสาเหตุหนึ่ง คือ การเพิ่มอย่างรวดเร็วของจำนวนประชากรโลก เราอาจพิจารณาอัตราการเพิ่มของประชากรโลกได้จาก ตารางที่ 2.1 และรูปที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 จำนวนประชากรโลกในยุคและ ค.ศ. ต่าง ๆ

ปี	จำนวนประชากรโลก (ล้านคน)
Moses	25
Christ	250
ค.ศ. 1000	500
ค.ศ. 1630	500
ค.ศ. 1830	1,000
ค.ศ. 1930	2,000
ค.ศ. 1961	3,000
ค.ศ. 1981	4,000
ค.ศ. 2000	อาจถึง 7,000

แหล่งที่มา : Day (1974)

เมื่อพิจารณาอัตราการเพิ่มประชากรโลกในรูปที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าการเพิ่มจำนวนของประชากรโลกนั้นเพิ่มในอัตรา exponential จากมนุษย์ดึกดำบรรพ์ ซึ่งเมื่อสามารถปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ก็มี natural selection มีการเพิ่มจำนวนมากขึ้น แต่ในสมัยนั้นยังไม่มีการพัฒนาการในด้านการแพทย์และการเกษตร ดังนั้นอาหารและโรคระบาดจึงเป็นตัวที่ปรับจำนวนประชากรให้อยู่ในระดับคงที่เสมอมา (อัตราการเกิดและตายเท่ากัน)

ต่อมาเมื่อมีการพัฒนาการในด้านการเกษตร มีอาหารอุดมสมบูรณ์จำนวนประชากรโลกก็เพิ่มขึ้นอีก การทำการเกษตรนั้นต้องใช้เนื้อที่กว้างขวาง จึงมีการแย่งดินแดนกันขึ้นโดยมากมักเกิดเป็นสงคราม และสงครามนี้ก็เป็นตัวปรับจำนวนประชากรให้อยู่ในระดับคงที่ได้ระยะหนึ่งในสมัยนั้น มลพิษในระยะนั้นยังไม่เป็นปัญหาเพราะยังมีของเสียไม่มากพอที่จะทำให้เกิดปัญหา

การทำสงครามทำให้คนล้มตายเป็นจำนวนมาก รวมทั้งยังเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคระบาด สิ่งเหล่านี้เป็นตัวกระตุ้นให้มีการพัฒนาการทางด้านการแพทย์และการอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว เมื่อการแพทย์เจริญขึ้นอัตราการตายก็น้อยลง ความเป็นอยู่ของคนก็ดีขึ้นเพราะการอุตสาหกรรมเจริญ เมื่อมีการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมมากขึ้นก็ได้เกิดมีโรงงานอุตสาหกรรมมากขึ้นในบริเวณที่อยู่ในตัวเมืองหรือไม่ก็รอบ ๆ เมือง คนที่เคยเป็นเกษตรกรก็ละทิ้งอาชีพเดิมหันมาทำงานกันในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะงานดีกว่า ไม่ต้องเสี่ยงกับดินฟ้าอากาศ รวมทั้งความเป็นอยู่ก็ยังสะดวกสบายกว่า เมื่อมีทุกสิ่งทุกอย่างที่สมบูรณ์ การแพร่พันธุ์เพิ่มจำนวนประชากรก็มีมากขึ้น จนทำให้ประชากรโลกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะหลังสงครามโลกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 อย่างไรก็ตามก็ยังมีผู้ที่ได้คาดคะเนไว้ว่าการเพิ่มจำนวนของประชากรโลกจะถึงจุดสูงสุดในระยะเวลาใดระยะเวลา

หนึ่งในอนาคต แล้วก็จะไม่มีการเพิ่มต่อไปอีก กล่าวคืออยู่ในระดับคงที่ ทั้งนี้อาหารจะเป็นข้อจำกัด ที่สำคัญในการปรับระดับอัตราการเพิ่มของประชากรโลกในอนาคต

ในขณะที่มีประชากรโลกกว่า 4,000 ล้านคน ถ้าจำนวนประชากรจำนวนนี้กระจายอยู่ในเนื้อที่โลกเท่า ๆ กัน โดยไม่อยู่รวมกันในเมืองเป็นกระจุกก็จะไม่ทำให้มีปัญหาหามลพิษแค่ความจริงหาได้เป็นเช่นนั้นไม่ ประชากรในเมืองหลวงมีความหนาแน่นมากกว่าในชนบทมาก ยกตัวอย่างเช่นในสหรัฐอเมริกาเมื่อปี ค.ศ. 1920 มีจำนวนประชากรน้อยกว่า 50% อาศัยอยู่ในเมืองต่าง ๆ แต่ปัจจุบันประมาณ 70% ของประชากรทั้งหมดอาศัยอยู่ตามเมืองต่าง ๆ (Day, 1974) ในกรุงเทพฯ เมื่อ 30 ปีก่อนมีพลเมือง 1 ล้านคนในปัจจุบันมีพลเมืองอยู่ถึง 5 ล้านคนในพื้นที่เกือบเท่า ๆ กันทุกคนต่างก็มีของเสียที่จะต้องถ่ายเทให้กับสิ่งแวดล้อม เช่น ต้องถ่ายอุจจาระ ปัสสาวะ ถ่ายเสมหะ ทิ้งขยะ อาบน้ำชำระร่างกายล้างภาชนะ ฯลฯ เมื่อของเสียเหล่านี้ไม่ได้ถูกจัดไว้ในที่ ๆ เหมาะสมก็จะหาทางลงสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ ทำให้เกิดปัญหาหามลพิษในแหล่งน้ำ

เมื่อมีพลเมืองมากขึ้นก็จะมีการแข่งขันกันทำมาหากิน การแข่งขันดังกล่าวได้ก่อให้เกิดการพัฒนาการในด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม มีโรงงานอุตสาหกรรมเกิดขึ้นมากมายหลายแห่ง เช่น โรงงานน้ำตาล โรงงานกระดาษ โรงงานถลุงสุรา โรงงานอุตสาหกรรมอาหารชนิดต่าง ๆ โรงกลั่นน้ำมัน ฯลฯ เหล่านี้ล้วนแล้วแต่มีของเสียด้วยกันทั้งนั้น แต่ก็ไม่มีระบบการกำจัดของเสียที่เหมาะสม เจ้าของโรงงานเหล่านี้ส่วนใหญ่ก็มักไม่เห็นความสำคัญของสิ่งแวดล้อม พวกเขาต้องการทำกำไรให้มากที่สุดอย่างเดียว ส่วนใหญ่คิดว่าการลงทุนในเรื่องการกำจัดของเสียเป็นการลงทุนที่เปล่าประโยชน์ ฉะนั้นจึงขอสรุปว่าการเกิดปัญหาหามลพิษในแหล่งน้ำนั้นมีสาเหตุที่สำคัญจากการเพิ่มประชากรอย่างรวดเร็วในเนื้อที่ ๆ กำจัดและมีการพัฒนาการทางด้านอุตสาหกรรมโดยไม่มีระบบการกำจัดของเสียที่เพียงพอ

มีนักวิทยาศาสตร์กลุ่มหนึ่งซึ่งทำการทดลองเกี่ยวกับการเพิ่มประชากรของหนูในเนื้อที่ ๆ จำกัด พวกเขานำหนู 3-4 คู่ใส่ไว้ในกรง ๆ หนึ่ง แล้วปล่อยให้ขยายพันธุ์ โดยให้อาหารจำนวนหนึ่งซึ่งเป็นจำนวนที่คงที่ตลอดทุกวัน พวกหนูเหล่านั้นก็ได้ขยายพันธุ์โดยรวดเร็วเพราะในเวลานั้นมีอาหารอยู่อย่างอุดมสมบูรณ์ ประชากรหนูเพิ่มขึ้นมาจนถึงจุด ๆ หนึ่ง ซึ่งเป็นจุดที่อาหารไม่เพียงพอ จึงมีการแย่งอาหารเกิดขึ้น มีการกัดกันและฆ่ากันเพื่อแย่งอาหารและที่อยู่อาศัย ต่อมาเมื่อโรคระบาดเกิดขึ้นจนทำให้มีจำนวนหนูในระดับที่คงที่อยู่ตลอดเวลา ผลของการทดลองดังกล่าวเปรียบได้กับเราที่อาศัยอยู่ในโลกนี้ มีอาหารและเนื้อที่ ๆ จำกัด แต่คนเรามีสติปัญญา และคิดว่าเราจะสามารถหาทางแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ ถ้าคนเราทิ้งความเห็นแก่ตัวและรู้จักมีความเสียสละได้มากพอ ขอให้ตระหนักว่าสิ่งจำกัดของคนเราในปัจจุบัน และอนาคตก็คือ อาหาร สิ่งแวดล้อมและพลังงาน

2.1.2 แหล่งและประเภทของมลพิษของน้ำ

สิ่งที่ทำให้เกิดมลพิษในแหล่งน้ำมีที่มาหลายแหล่งด้วยกัน เราอาจจำแนกประเภทของมลพิษของน้ำตามแหล่งที่มาของสารมลพิษ ได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1.) มลพิษของน้ำที่เกิดจากน้ำโสโครกของแหล่งชุมชน (domestic wastewaters)

จะอธิบายคำจำกัดความของน้ำโสโครกชนิดต่าง ๆ ดังนี้

Sanitary wastewaters คือ น้ำโสโครกที่ถูกปล่อยออกจากบ้านเรือน เป็นน้ำโสโครกซึ่งรวมทั้งน้ำจากห้องน้ำ ห้องครัว และน้ำซักเสื้อผ้า

Domestic wastewaters คือ น้ำโสโครกที่ถูกปล่อยออกมาจากชุมชนซึ่งรวมถึงน้ำทิ้งของบ้านเรือน ตลาด และโรงพยาบาล

Municipal wastewaters คือ น้ำโสโครกที่อยู่ในท่อน้ำโสโครกของเทศบาลเมือง ตามปกติแล้วจะมีแต่น้ำโสโครกที่ถูกปล่อยมาจากชุมชน แต่บางแห่งทางเทศบาลอนุญาตให้โรงงานอุตสาหกรรมข้อยถ่ายน้ำทิ้งลงสู่ท่อระบายรวมกับน้ำโสโครกที่ถูกปล่อยออกมาจากชุมชน ได้น้ำโสโครกในท่อระบายจึงมีความสกปรกมากขึ้น โดยปกติแล้วในต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา น้ำโสโครกของเทศบาลเมือง จะมีน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กปนอยู่ประมาณ 20%

Combined wastewaters คือ น้ำโสโครกซึ่งประกอบด้วย น้ำโสโครกที่ถูกปล่อยมาจากชุมชนจาก โรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กและน้ำฝนผิวดิน ตัวอย่างน้ำโสโครกชนิดนี้ได้แก่ น้ำโสโครกที่อยู่ในท่อระบายน้ำโดยทั่วไปของกรุงเทพมหานคร

1. ส่วนประกอบของน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชน

ทุกหน่วยงานที่มีหน้าที่แก้ไขปัญหาและควบคุมมลพิษของน้ำจะต้องทราบส่วนประกอบของน้ำโสโครก เพราะจะทำให้สามารถคาดคะเนผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมได้ วิศวกรก็ต้องทราบส่วนประกอบเพราะจะได้ทำการออกแบบระบบการกำจัดน้ำโสโครกได้ถูกต้อง การทราบส่วนประกอบเพราะจะได้ทำการออกแบบระบบการกำจัดน้ำโสโครกได้ถูกต้อง การทราบส่วนประกอบของน้ำโสโครกยังมีประโยชน์ในการพิจารณาอนุญาตตั้งโรงงานอุตสาหกรรมว่าควรจะตั้งในแหล่งชุมชนหรือไม่ ถ้าไม่ควรตั้งแล้วควรจะแนะนำให้อ้ายไปตั้ง ณ บริเวณใดจึงจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาก

น้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนเป็นน้ำโสโครกที่จัดได้ว่ามีส่วนประกอบค่อนข้างคงที่ ดังนั้นจึงใช้เป็นตัวอย่างสำหรับการศึกษาได้ดี สำหรับ municipal wastewaters และ combined wastewaters มีส่วนประกอบไม่คงที่และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ

ตั้งที่ควบคุมลักษณะและส่วนประกอบของน้ำโสโครก ได้แก่

ก. ลักษณะของชุมชน ถ้าเป็นชุมชนที่มีปริมาณการใช้น้ำต่อบุคคลที่จำกัด ก็จะทำให้มีความเข้มข้นของสิ่งโสโครกมาก ในทางกลับกันถ้าเป็นชุมชนที่มีปริมาณการใช้น้ำต่อบุคคลสูงก็จะทำให้มีความเข้มข้นของความสกปรกไม่มากนัก

ข. ระบบท่อระบายน้ำ ถ้ามีท่อระบายน้ำโสโครกจากบ้านเรือแยกกับน้ำดื่มหรือน้ำใช้หรือฝักร้างหรือฝักร้างและไม่มีน้ำโสโครกจากโรงงานอุตสาหกรรมย่อมมาปะปนแล้ว ความเข้มข้นและส่วนประกอบของน้ำโสโครกก็จะคงที่ ถ้าเป็นแบบ municipal และ combined wastewaters แล้วก็จะมีความเข้มข้นและส่วนประกอบไม่คงที่ ถ้ามีการรั่วไหลออกไปหรือเข้ามาของน้ำก็จะทำให้ความเข้มข้นของสิ่งโสโครกเปลี่ยนแปลงได้ ความยาวของระบบท่อก็มีบทบาทที่สำคัญ ถ้ามีระบบท่อที่ยาวเกินไปก็จะทำให้เกิดการเน่าเสียขึ้นภายในท่อและก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า

ค. อัตรากาไรไหลภายในท่อ ในแต่ละวันอัตรากาไรไหลอาจไม่เท่ากัน ฉะนั้นจึงอาจมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของน้ำโสโครกได้

ลักษณะทั่วไปของน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนถูกแสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ลักษณะโดยทั่วไปของน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชน

ส่วนประกอบ	ความเข้มข้น		
	น้อย	ปานกลาง	มาก
ก. ทางฟิสิกส์			
สี	เทา	เทา	เทา
กลิ่น	เหม็น	เหม็นปานกลาง	เหม็นโช่งเน่า
Total Solids	450	800	1200
Total Volatile Solids	250	425	800
Suspended Solids	100	200	375
Volatile Suspended Solides	75	130	200
Settleable Solids	2	5	7
ข. ทางเคมี			
pH	6.5	7.5	8.0
Total Nitrogen	15	40	60
Organic Nitrogen	10	25	40
Ammonium Nitrogen	-	0.5	1.0
Nitrate Nitrogen	-	0.5	1.0
Total Phosphate	5	15	30

ตารางที่ 2.2 ลักษณะโดยทั่วไปของน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชน

ส่วนประกอบ	ความเข้มข้น		
	น้อย	ปานกลาง	มาก
ค. ทางชีวะ			
Total Bacteria (Counts/100 ml)	1×10^8	30×10^8	100×10^8
Total Coliform (MPN/100 ml)	1×10^6	30×10^6	100×10^6
Biochemical Oxygen Demand (B.O.D. At 5 day 20°C)	100	200	450

แหล่งที่มา : Atkins (1968)

2. ผลกระทบของน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนต่อสิ่งแวดล้อม

ถ้าน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนถูกถ่ายเทลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่มีการกำจัดสิ่งโสโครกที่ละลายหรือแขวนลอยอยู่ ออกเสียก่อนก็จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำดังต่อไปนี้

ก. ผลกระทบทางด้านสาธารณสุข อาจทำให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อโรค เช่น เชื้อบิด ไทฟอยด์ และอหิวาตกโรค ทางสาธารณสุขได้ใช้แบคทีเรียพวกหนึ่งเป็นดัชนีมาตรฐานคุณภาพน้ำ แบคทีเรียพวกนี้ได้แก่ "Coliform bacteria" โดยปกติแบคทีเรียพวกนี้อาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์โดยไม่ก่อให้เกิดโรค ถ้าพบแบคทีเรียพวกนี้มากในแหล่งน้ำแห่งใดแห่งหนึ่งก็แสดงว่าแหล่งน้ำแห่งนั้นมีโอกาสที่จะมีเชื้อโรคบางชนิดที่เป็นอันตรายปะปนอยู่ในน้ำ

ข. ผลกระทบในเรื่องการลดปริมาณการละลายของออกซิเจน แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนอาจเกิดการเน่าเสียขึ้นได้ การเน่าเสียของน้ำเกิดจากการทำงานของจุลชีพพวกหนึ่งที่ต้องการออกซิเจนเพื่อการหายใจ ถ้ามีสิ่งโสโครกที่เป็นอินทรีย์สารมากก็จะทำให้มีการย่อยสลายมากขึ้น และออกซิเจนก็จะลดปริมาณลงไปได้มากด้วย Biochemical Oxygen Demand หรือ BOD คือหน่วยที่ใช้วัดปริมาณออกซิเจนที่จุลชีพต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่แขวนลอยหรือละลายอยู่ในน้ำ ว่าที่จริงแล้ว BOD ก็คือการวัดโดยทางอ้อมว่ามีสารอินทรีย์ละลายอยู่ในน้ำเป็นปริมาณเท่าใด วิธีการโดยย่อของการวิเคราะห์หาปริมาณ BOD มีดังนี้ คือ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำมาทำการวิเคราะห์ทางเคมีว่ามีออกซิเจนละลายอยู่ในปริมาณเท่าไร แล้วทำการเก็บตัวอย่างน้ำดังกล่าวไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20°C . เป็นเวลา 5 วัน แล้วนำตัวอย่างน้ำดังกล่าวออกมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณการละลายของออกซิเจนอีกครั้งหนึ่ง ผลต่างของปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในคอนแรกกับคอนที่เวลาผ่านไปแล้ว 5 วัน ก็คือค่าของ BOD นั้นเอง ฉะนั้นค่าของ BOD จึงมีค่าหน่วยเป็นมิลลิกรัมของออกซิเจนต่อลิตร (mg/l)

นอกจากค่า BOD แล้วก็ยังมีออกซิเจนอีกส่วนหนึ่งที่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น การเติมออกซิเจนให้กับสารประกอบซัลไฟด์และเฟอร์รัส ผลก็คือการลดลงของปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ปริมาณการลดลงของออกซิเจนโดยปฏิกิริยาดังกล่าวนี้เราเรียกว่า "Chemical Oxygen Demand" หรือ COD

ผลของการลดของออกซิเจน จะมีผลกระทบโดยตรงต่อสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น โดยทั่วไปแล้วน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติควรที่จะมีปริมาณการละลายของออกซิเจนไม่ต่ำกว่า 2.0 มก. ก./ล. เพราะถ้าต่ำกว่านี้ปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ บางชนิดจะเริ่มทนไม่ไหวและตายลงในที่สุด

ผลกระทบอีกประการหนึ่งที่จะตามมาคือ "Over-eutrophication" หรือการที่มีแร่ธาตุอาหารมากเกินไปในแหล่งน้ำ สารอินทรีย์เมื่อผ่านการย่อยสลายของจุลินทรีย์แล้วก็จะเปลี่ยนเป็นสารอนินทรีย์ เช่น Nitrite, Ammonia, และ Phosphate สารประกอบเหล่านี้เป็นแร่ธาตุอาหารที่ดีของพวกพืช ถ้ามีมากในน้ำก็จะก่อให้เกิดการแพร่พันธุ์และเพิ่มจำนวนของพืชน้ำทั้งเล็กและใหญ่โดยรวดเร็ว การเพิ่มปริมาณพืชเล็ก ๆ ในน้ำจะมีผลกระทบต่อสัตว์น้ำในเวลากลางคืน กล่าวคือในเวลากลางคืนพืชหายใจ แต่ไม่ทำการสังเคราะห์แสง ฉะนั้นปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำจะลดปริมาณลงไปเรื่อย ๆ ยิ่งมีปริมาณพืชมากเท่าไร ปริมาณออกซิเจนก็จะลดลงมากเท่านั้น

ค. ผลกระทบในแง่ความสวยงามของแหล่งน้ำ น้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนที่มีปริมาณของตะกอนที่แขวนลอยอยู่สูงก็อาจทำให้น้ำเปลี่ยนสีได้ การเน่าเสียของน้ำเช่นในคลองสายต่าง ๆ ในกรุงเทพฯ ก็ทำให้หมดความสวยงาม นอกจากนี้กลิ่นที่เน่าเสียยังก่อให้เกิดความรำคาญต่อผู้คนที่อาศัยอยู่ใกล้แหล่งน้ำที่เน่าเสียได้

3. การกำจัดสิ่งสกปรกออกจากน้ำโสโครก

ในการแก้ไขปัญหามลพิษที่เกิดจากน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนนั้น มีจุดประสงค์ที่จะกำจัดสิ่งสกปรกหรือสิ่งโสโครกออกจากน้ำโสโครกก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ การกำจัดสิ่งโสโครกสำหรับน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนนั้นมีจุดประสงค์ใหญ่ ๆ อยู่ 3 ประการคือ

1. เพื่อลดปริมาณของ BOD
2. เพื่อลดปริมาณตะกอนที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ (Suspended Solid)
3. เพื่อลดปริมาณของ Coliform bacteria

น้ำโสโครกที่ผ่านการกำจัดขั้นแรก (Primary Treatment) นั้น จะมีปริมาณของ Coliform ลดลงประมาณ 50%, suspended solid ลดลง 35-65% BOD ลดลงไป 25-40% และ total nitrogen ลดลง 20-40% (Atkins, 1968)

น้ำโสโครกที่ผ่านการกำจัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) นั้นปริมาณ Coliform จะลดลงไปได้ 70-95%, suspended solid ลดลง 70-90%, BOD ลดลง 65-95%, Total nitrogen ลดลง 65-80% และ total phosphate ลดลง 20-60% (Atkins, 1968)

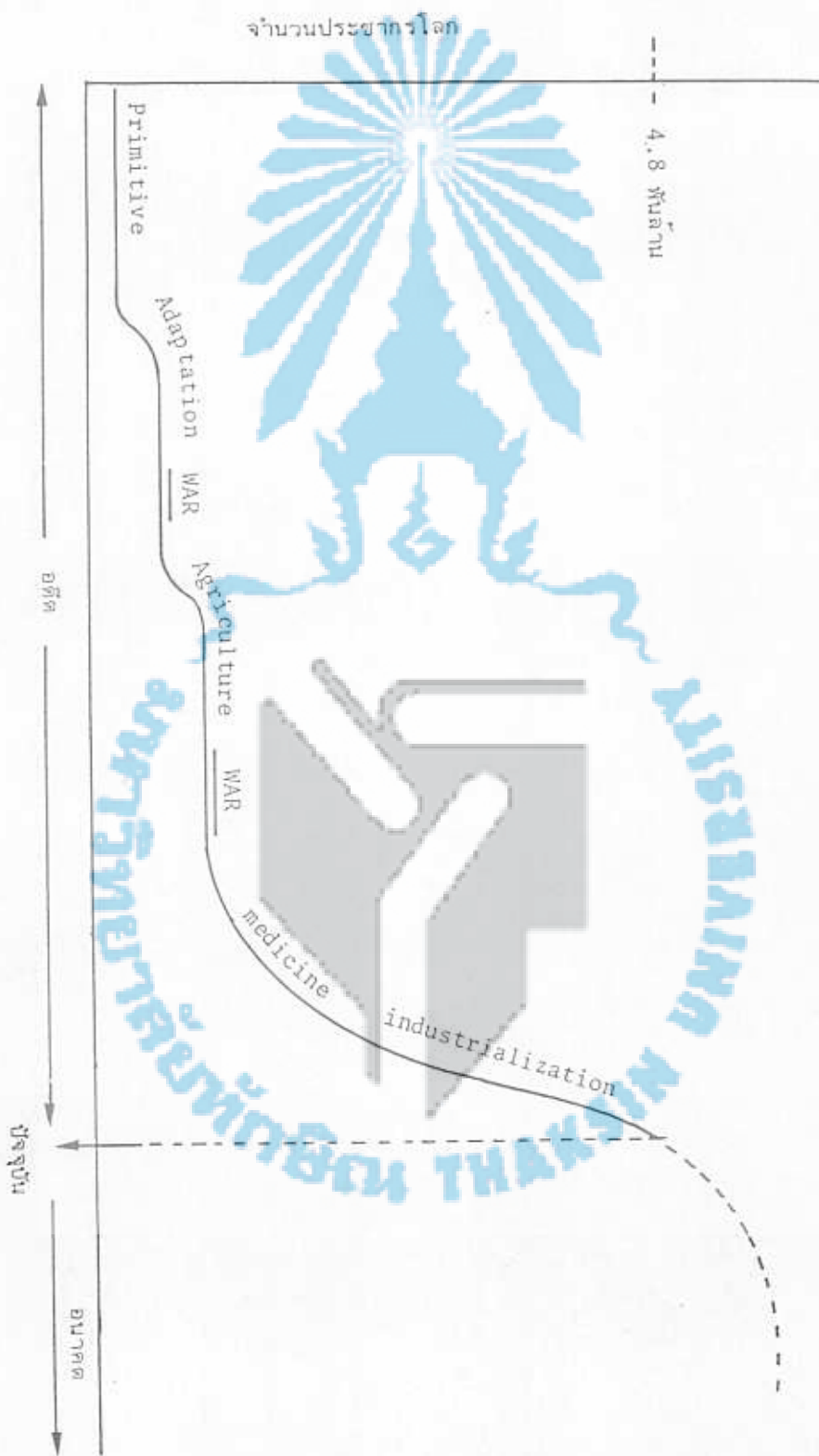
น้ำโสโครกที่ผ่านการกำจัดขั้นที่สาม (Tertiary Treatment) นั้นปริมาณต่าง ๆ จะลดลงไปเกือบ 100%

4. ความสัมพันธ์ระหว่างออกซิเจนกับปลา

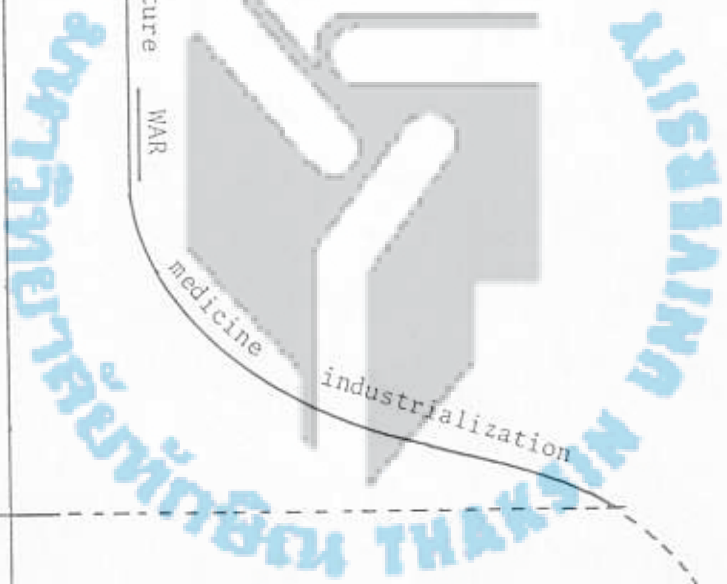
เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าเมื่อมีการจ่ายน้ำโสโครกลงสู่แหล่งน้ำก็จะทำให้มีค่า BOD เพิ่มมากขึ้น ผลต่อมาก็คือ การลดลงของปริมาณการละลายของออกซิเจน การลดลงของปริมาณออกซิเจนนี้เมื่อถึงขั้น ๆ หนึ่งแล้ว สิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัตว์น้ำเช่นปลาก็ไม่สามารถทนอยู่ได้ ดังนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนกับปลาจึงมีความสำคัญมากในเรื่องปัญหามลพิษซึ่งมีสาเหตุมาจากน้ำโสโครกของบ้านเรือน

ปลาเป็นสัตว์ที่ได้ปรับตัวมันให้หายใจในน้ำได้หรือรับออกซิเจนจากน้ำมาใช้ อากาศน้ำจะผ่านเข้าช่องปากและผ่านต่อไปเข้าช่องเหงือกแล้วออกมาทาง operculum เวลาที่น้ำผ่านช่องเหงือกนั้นเหงือกจะรับเอาออกซิเจนไว้แล้วถ่ายคาร์บอนไดออกไซด์ให้กับน้ำที่ผ่าน ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าปลาต้องมีน้ำผ่านช่องเหงือกอยู่ตลอดเวลา ออกซิเจนถูกนำไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกายโดย ฮีโมโกลบิน ที่อยู่ในเม็ดเลือดเช่นเดียวกับสัตว์เลือดอุ่นทั้งหลาย แต่ระบบการหมุนเวียนเลือดของปลานั้นธรรมดามากกว่าสัตว์เลือดอุ่น ปลาที่มีหัวใจสองห้องคือ auricle และ ventricle หัวใจตั้งอยู่บริเวณกึ่งกลางระหว่างครีบข้างตัวทั้งสอง เลือดจะถูกขับออกจากหัวใจให้ผ่าน median ventral aorta แล้วแยกออกไปยังเหงือกทั้งสองข้างเป็นแขนงเรียกว่า afferent arteries แล้วเข้า arterial system แยกออกไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย การไหลกลับของเลือดเข้าหัวใจนั้นจะผ่านเส้นเลือดดำ (vein) และ กระเปาะ (simus) ในระบบเลือดดำ (venous system) ไม่มีวาล์ว (valve) ฉะนั้นถ้าเรานำปลามาห้อยตัวให้หัวอยู่ด้านบนและหางอยู่ด้านล่างแล้วเลือดในหัวใจจะตกลงอย่างรวดเร็วและในที่สุดก็หมด ความดันเลือดของปลานั้นต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์เลือดอุ่น ฉะนั้นการหมุนเวียนของเลือดในปลาจึงช้ากว่าการหมุนเวียนของเลือดในสัตว์เลือดอุ่น

ปลาบางชนิดมีวิวัฒนาการสูง โดยมากมักเป็นปลาในเขตร้อน ในเขตร้อนน้ำมีปริมาณออกซิเจนละลายอยู่น้อย พวกปลาส่วนมากจึงพัฒนาอวัยวะบางอย่างขึ้นมาเพื่อใช้ในการเก็บอากาศบนบกเพื่อใช้หายใจในน้ำได้ หรือเป็นวิธีที่เรียกว่า "กินอากาศ" เช่น ปลาตุ๊กจะมี suprabranchial chamber ซึ่งมีหลอดประกอบกันอยู่ในอวัยวะดังกล่าวเพื่อจุดประสงค์ในการเก็บอากาศปลาช่อนมี aborescent organ ซึ่งใช้ในการเก็บอากาศเช่นเดียวกัน ปลาบางชนิดมีวิวัฒนาการโดยใช้หลอดอาหารเพื่อการหายใจ บางชนิดก็อาจหายใจทางผิวหนังได้เช่น ปลาไหล



รูปที่ 2.1 อัตราการเพิ่มของประชากรโลกตั้งแต่สมัยศตวรรษที่ 17 จนถึงปัจจุบันและอนาคต



5. ผลกระทบของน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนต่อแม่น้ำ

การถ่ายเทน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนลงสู่แม่น้ำจะทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาของแม่น้ำโดยตรง ฉะนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทราบถึงการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตในแม่น้ำต่อปัญหามลพิษซึ่งเกิดจากน้ำโสโครกของแหล่งชุมชน ก่อนที่จะอธิบายต่อไปในเรื่องนี้ขอให้ระลึกถึง Leibig's law และ Shelford's law ซึ่งจะให้เห็นว่าสิ่งมีชีวิตแต่ละประเภทต้องการสิ่งแวดล้อมไม่เหมือนกัน ถ้ามีสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนไปจากธรรมชาติก็จะมี การเปลี่ยนแปลงชนิดของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำได้ พวกที่ไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาวะใหม่ได้ก็ จะตายหรืออพยพย้ายถิ่น ไปอยู่ที่อื่น

Katz and Gaufin (1953) ได้ศึกษาผลกระทบของน้ำโสโครกที่เป็นอินทรีย์ สารต่อระบบนิเวศน์ของแม่น้ำ ผลงานดังกล่าวอาจถูกใช้เป็นตัวอย่างในการอธิบายในครั้งนี้ได้ อาจสรุปผลงานของทั้งสองคนได้ว่า ถ้ามีการปล่อยน้ำโสโครกชนิดที่เป็นอินทรีย์สารลงไปใน แม่น้ำแบบเป็นจุด (point source) จะทำให้เกิดผลกระทบต่อส่วนของแม่น้ำที่อยู่ใต้อ่างมา (down- stream) ซึ่งแบ่งออกเป็นเขตได้ดังนี้ คือ 1. เขตที่มีการย่อยสลาย (degradation zone) 2. เขตที่มีความเน่าเสีย (septic zone) 3. เขตที่คืนสภาพ (recovery zone) และ 4. เขตที่มีสภาพปกติ (clean water zone) เขตที่มีการย่อยสลายนี้อาจสมบัติดังต่อไปนี้คือ มีความแปรผันของปริมาณการ ละลายของออกซิเจนในช่วงกว้างตั้งแต่ร้อยละประมาณ 2 มล.ก./ล. จนถึงจุดอิ่มตัว มีค่า BOD สูงมาก ความขุ่นสูง ความเข้มข้นของอินทรีย์สารสูง จำนวนแบคทีเรียจะแปรผันตั้งแต่ร้อยละ จนถึงมากจำนวนชนิดของปลาจะลดลงมากกว่าในเขตที่มีคุณภาพน้ำแบบปกติ จำนวนต่อชนิดจะสูงขึ้นที่ บริเวณพื้นก้นแม่น้ำจะมีเมือกเกิดขึ้น และเมื่อคืนน้ำบริเวณผิวจะเกิดฟองมากและเป็นฟองที่แตกยาก กว่าปกติ ส่วนในเขตที่มีความเน่าเสียนั้นจะมีออกซิเจนละลายอยู่น้อยมากจนถึงไม่มีเลย BOD ยังมีค่าสูงแต่ลดลงน้อยกว่าในเขตย่อยสลาย น้ำมีความขุ่นสูงมาก มีสีคล้ำ และมีกลิ่นเน่าเหม็น พื้น ของเขตนี้จะอยู่ในสภาพไม่มีอากาศเลย (anaerobic) ปริมาณอินทรีย์สารยังคงสูงอยู่แต่ต่ำกว่าใน เขตย่อยสลาย จำนวนแบคทีเรียมีค่าสูงมาก จำนวนชนิดของปลาจะลดลงมากกว่าในเขตแรกหรือ อาจไม่มีเลย สำหรับจำนวนต่อชนิดอาจมีมากถึงไม่มีเลย ที่พื้นก้นแม่น้ำจะมีเมือกมากจนเหมือน กับพรมที่ปูอยู่บนพื้นห้อง ในเขตต่อมาซึ่งเป็นเขตคืนสภาพนั้น ปริมาณการละลายของออกซิเจนจะ สูงขึ้น (2 มล.ก./ล. ถึงอิ่มตัว) ค่า BOD จะลดลงมาก ความขุ่นน้อยลง และไม่ค่อขมีสีคล้ำ มีกลิ่น น้อยลงมาก ปริมาณอินทรีย์สารน้อยลงไปมากจนเกือบปกติ จำนวนแบคทีเรียจะมีน้อยลงจำนวน ชนิดของปลาจะมีเพิ่มขึ้น ส่วนจำนวนต่อชนิดของปลาจะมีค่าลดลง ที่พื้นก้นแม่น้ำจะมีเมือกน้อย ลงมาก ในเขตต่อมาซึ่งเป็นเขตปกติ ในเขตนี้คุณภาพน้ำทุกประการจะคืนสู่สภาวะปกติกล่าวคือ ปริมาณการละลายของออกซิเจนจะแปรผันอยู่ในช่วง 5-10 มล.ก./ล. ค่า BOD ต่ำมากมีความขุ่น น้อยกว่าและน้ำไม่มีสี มีปริมาณของอินทรีย์สารต่ำ มีจำนวนแบคทีเรีน้อยมาก ชนิดของปลาจะมี มากเหมือนปกติ และจำนวนต่อชนิดของปลาจะน้อยลงไป ที่พื้นก้นแม่น้ำจะไม่มีเมือก

จากผลการศึกษาดังกล่าวแล้วนี้จะเห็นได้ว่า แม่น้ำก็มีความสามารถที่จะปรับตัวให้คืนสภาพปกติได้ ถ้าสิ่งโสโครกที่ถูกถ่ายเทลงไปมีปริมาณไม่มากนักและเป็นประเภทที่ถูกย่อยสลายได้

สัตว์บางประเภท เช่น ตัวอ่อนแมลง อาจใช้เป็นเครื่องชี้ภาวะความเน่าเสียของน้ำได้ ยกตัวอย่างเช่น การวิจัยของ Gaufrin และ Tarzwell (1952) เขาทั้งสองได้อธิบายว่า ในเขตของแม่น้ำที่มีสภาวะปกติในตัวอ่อนแมลงที่พบส่วนใหญ่ได้แก่ แมลงหนอนปลอกน้ำ (Trichoptera) ตัวอ่อนแมลงเม่า (Ephemeroptera) ตัวอ่อนแมลงปอเข็ม (Zygoptera) และตัวอ่อนของเต่าทอง (Coleoptera) ในเขตย่อยสลายนั้น ตัวอ่อนแมลงที่พบส่วนใหญ่ได้แก่ หนอนแดงหรือตัวอ่อนของริ้นน้ำจืด (Chironomidae) มวนกรรเชียง (Corixidae) และหนอนปลอก (Tubificidae) ในเขตที่มีความเน่าเสียนั้น ตัวอ่อนแมลงที่พบส่วนใหญ่ได้แก่ตัวอ่อนยุง rat-tailed maggots และหนอนปลอก (Tubificidae) ส่วนในเขตคืนสภาพนั้นตัวอ่อนแมลงที่พบส่วนใหญ่ได้แก่ หนอนแดง ตัวอ่อนแมลงวันค้ำ และแมงคานา (Belostoma sp.)

2.) มลพิษของน้ำที่เกิดจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม (industrial wastewaters)

โรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ เป็นแหล่งใหญ่ที่ปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำและทำให้เกิดปัญหามลพิษขึ้นหลายแห่งทั่วโลก มีผู้ที่เคยประเมินผลแล้วว่าน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำตาลเพียงโรงเดียวเทียบได้เท่ากับน้ำโสโครกจากเมืองเล็ก ๆ เมืองหนึ่งที่มีประชากรประมาณ 100,000 คน เช่น อำเภอบ้านโป่ง น้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ นั้นบางแห่งก็ถูกปล่อยลงมาในท่อระบายน้ำโสโครกของเทศบาล บางแห่งก็ถูกถ่ายเทลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง

ในการที่จะศึกษาปัญหามลพิษซึ่งเกิดจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมนั้นจำเป็นที่จะต้องมีการจำแนกประเภทของน้ำทิ้งเสียก่อน การจำแนกประเภทดังกล่าวนี้มีความสำคัญในแง่ของการวางแผน แก้ปัญหาและป้องกันมลพิษที่จะเกิดขึ้น การจำแนกประเภทของน้ำทิ้งอาจทำได้ 2 รูปแบบ คือ 1.) จำแนกประเภทน้ำทิ้งตามชนิดของโรงงาน และ 2.) จำแนกประเภทน้ำทิ้งตามผลเสียที่จะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำ การจำแนกประเภทในแบบแรกนั้น ยกตัวอย่างได้ เช่น น้ำทิ้งของโรงงานน้ำตาล โรงงานกระดาษ โรงงานกลั่นสุรา ฯลฯ โดยทั่วไปแล้วน้ำทิ้งในโรงงานชนิดเดียวกันจะมีส่วนประกอบของน้ำทิ้งที่คล้ายกัน ดังนั้น จึงมีประโยชน์ในการที่เราจะคำนวณปริมาณของน้ำทิ้งของโรงงานชนิดเดียวกันในเขตใดเขตหนึ่ง เช่น ในกรุงเทพฯ และทำการประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากโรงงานชนิดดังกล่าวได้

การจำแนกจากประเภทน้ำทิ้งของโรงงานตามผลเสียที่จะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมนั้นก็มีประโยชน์ในแง่การประเมินผลกระทบและการวางมาตรการควบคุมและแก้ไขปัญหามลพิษ ยกตัวอย่างเช่น การที่โรงงานปล่อยน้ำทิ้งประเภทสารประกอบอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายได้ลงมาในแหล่งน้ำนั้น เราสามารถศึกษาและคาดคะเนผลกระทบที่จะเกิดขึ้นได้ ซึ่งก็ได้แก่การลดลงของ

ออกซิเจนในน้ำ ต่อจากนั้นก็ทำการวางมาตรการว่าควรมีการกำจัดสารประกอบอินทรีย์ดังกล่าวออกไปจากน้ำทิ้งในปริมาณเท่าไรก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำถึงจะไม่เกิดผลกระทบ มาตรการดังกล่าวจึงนำไปใช้ได้กับโรงงานทุกชนิดที่ปล่อยสารประกอบอินทรีย์ลงมา กล่าวคือ ไม่ว่าจะเป็นโรงงานน้ำตาล โรงงานผลิตแป้งมัน หรือโรงงานกลั่นสุรา จะต้องปฏิบัติตามมาตรการดังกล่าวที่กำหนดไว้ ในปัจจุบันการควบคุมน้ำทิ้งจากโรงงานประเภทปล่อยน้ำทิ้งสารประกอบอินทรีย์ได้กำหนดไว้ว่าน้ำทิ้งจะต้องมี BOD และของแข็งที่แขวนลอย (suspended solid) ไม่เกิน 15 มล.ก./ล.

ประเภทของน้ำทิ้งตามผลเสียที่จะเกิดกับสิ่งแวดล้อมแบ่งออกได้เป็น 8 ประเภท กล่าวคือ

1. ประเภทที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง (oxygen depleting wastes)

น้ำทิ้งประเภทนี้ได้แก่ สารประกอบอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ จุลินทรีย์จะใช้ออกซิเจนไปในการย่อยสลายอินทรีย์สารเหล่านี้ ทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลง และเป็นเหตุที่ทำให้ปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ ในบริเวณนั้นได้รับผลกระทบ โดยทั่วไปปลาจะเริ่มตายเมื่อน้ำมีปริมาณการละลายของออกซิเจนต่ำกว่า 2 มล.ก./ล. โรงงานที่ปล่อยน้ำทิ้งประเภทนี้ลงมายังแหล่งน้ำได้แก่ โรงงานกระดาษ โรงงานทำอาหารกระป๋อง โรงงานฆ่าสัตว์ โรงงานผลิตนม โรงงานน้ำตาล โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง โรงงานกลั่นสุรา ทำเทียนหรือประมง และโรงงานแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรอีกหลายประเภท การวัดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งอาจทำได้โดยทางอ้อม คือ การวัดค่า BOD นั้นเอง วิธีการกำจัดสารประกอบอินทรีย์ในน้ำทิ้งอาจทำได้โดยการผ่านน้ำทิ้งเข้าระบบกำจัดขั้นที่สอง (secondary treatment) ซึ่งเป็นการกำจัดแบบชีวภาพ

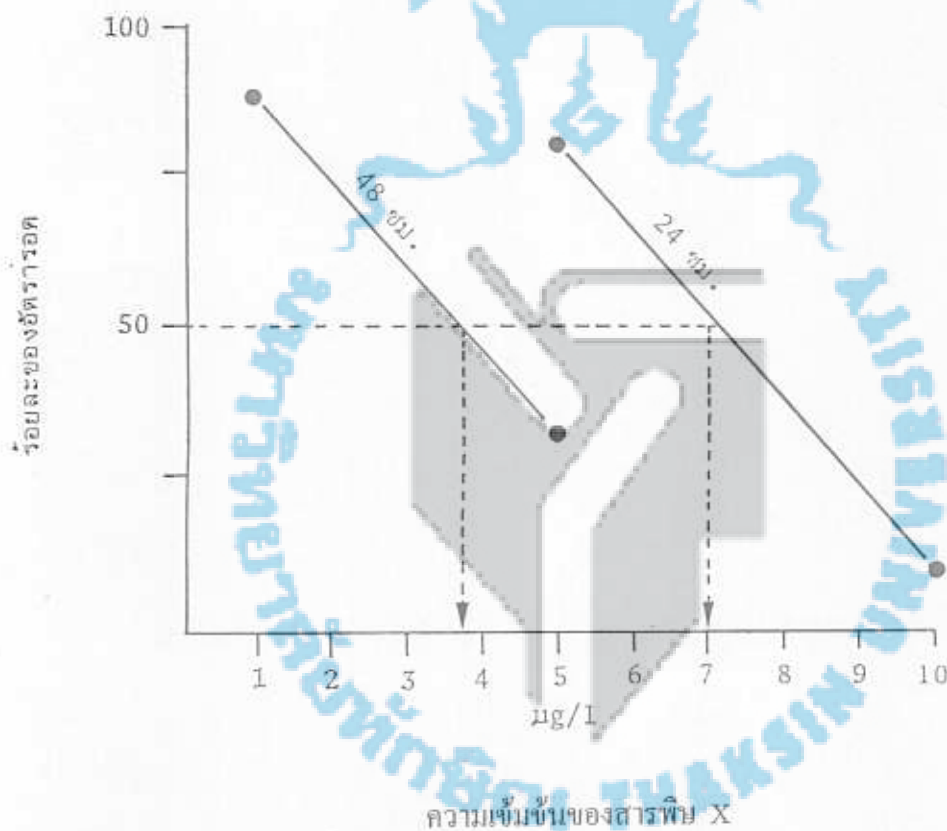
2. ประเภทที่มีสารพิษปะปน (toxic wastes contamination) สารพิษต่าง ๆ

ในน้ำทิ้งได้แก่ โลหะหนัก และสารประกอบอื่น ๆ บางชนิดที่มีพิษ โรงงานที่ปล่อยน้ำทิ้งที่มีสารพิษปะปนลงมาในแหล่งน้ำได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมเคมี โรงงานถลุงโลหะชนิดต่าง ๆ โรงงานย้อมผ้า โรงงานทำของคอง โรงงานขายโลหะและเหมืองแร่ต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำ

โรงงานอุตสาหกรรมเคมีบางชนิด เช่น โรงงานผลิตโซดาไฟเป็นโรงงานที่ปล่อยน้ำทิ้งที่มีสารปรอทปะปนลงมาด้วย เมื่อปี 1954 ได้มีเหตุการณ์ร้ายแรงเกิดขึ้นจากการปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานชนิดนี้ลงมาในอ่าวมินามาตะ ประเภทญี่ปุ่น การเจือปนของสารปรอทในอ่าวดังกล่าวได้เกิดเป็นพิษต่อสัตว์น้ำและผู้คนที่บริโภคสัตว์น้ำที่จับได้ในบริเวณนั้นมีผลทำให้คนต้องเสียชีวิตไปหลายสิบราย และทุพพลภาพไปหลายร้อยคน เนื่องจากสารปรอทเป็นสารที่คงสภาพในสิ่งแวดล้อมได้นาน จึงมีผลกระทบมาจนถึงปัจจุบันนี้

การวิเคราะห์ปริมาณตกค้างของสารพิษในสิ่งแวดล้อม และในน้ำทิ้งอาจทำได้โดยวิธีทางเคมี สำหรับโลหะหนักนั้นเราสามารถวิเคราะห์ได้โดยใช้วิธี Atomic Absorption Spectroscopy และวิธี Neutron Activation Analysis

การวัดความเป็นพิษของสารพิษอาจถูกทำได้โดยการทดสอบทางชีวภาพ (bio-testing) วิธีการดังกล่าวนี้เป็นการวัดความเป็นพิษของสารพิษชนิดใดชนิดหนึ่งต่อสัตว์ทดลอง เช่น ปลาชนิดใดชนิดหนึ่ง ในขั้นแรกจะมีการเตรียมความเข้มข้นหลายระดับของสารพิษ ที่ต้องการจะศึกษาความเข้มข้นต่าง ๆ นี้จะต้องมีผลที่ทำให้ปลาที่ถูกทดลองตายได้ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน กล่าวคือ ตั้งแต่ภายใน 24 ชั่วโมง 48 ชั่วโมง 72 ชั่วโมง และ 96 ชั่วโมง ข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตายกับความเข้มข้นของสารพิษ ความเข้มข้นของสารพิษที่สามารถฆ่าปลาได้เป็นจำนวนร้อยละ 50 ที่ระยะเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง คือ ค่ามาตรฐานที่จะถูกใช้เปรียบเทียบความเป็นพิษกับสารชนิดอื่น ๆ ใด ๆ ไรก็ตามค่าที่นิยมมากที่สุด คือ ค่าที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ค่าดังกล่าวอาจเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า median tolerance limit หรือมีชื่อย่อว่า TL_m ซึ่งจะมีค่าต่าง ๆ กันในระยะเวลาที่ต่างกัน เช่น $TL_m - 24$ ช.ม. และ $TL_m - 48$ ช.ม. รูปที่ 2.2 ได้แสดงตัวอย่างการหา TL_m ของสารมีพิษชนิดหนึ่ง



รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างความสัมพันธ์ ระหว่างความเข้มข้นของสารพิษกับอัตราการรอดของปลาชนิดหนึ่งที่ใช้ทดลองที่ 24 ช.ม. และ 48 ช.ม. ผลลัพธ์ที่ได้ คือ $TL_m - 24$ ช.ม. และ $TL_m - 48$ ช.ม. ของสารพิษ X ซึ่งมีค่าประมาณ $7.1 \mu\text{g/l}$ และ $3.8 \mu\text{g/l}$ ตามลำดับ

การกำจัดสารพิษออกจากน้ำทิ้งของโรงงานอาจทำได้โดยวิธีทางเคมี เช่น 1. การใส่สารบางชนิดลงไปเพื่อให้ไปเกาะตัวกับสารพิษแล้วตกตะกอน 2. Cyanide ถูกกำจัดได้โดยการ oxidize ด้วย chlorine 3. โลหะบางชนิดอาจถูกกำจัดออกไปได้โดยการผ่านน้ำทิ้งเข้าไปในกระบอกที่มี chelating agents บางชนิดบรรจุอยู่ 4. resin บางชนิดที่มี sulfhydryl (SH) จะมีคุณสมบัติในการดึงสารปรอทออกจากน้ำได้เป็นอย่างดี

3. ประเภทที่สามารถทำลายสภาพของแหล่งน้ำ โรงงานบางประเภทอาจปล่อยของเสียชนิดที่ทำลายสภาพของแหล่งน้ำลงมา ทำให้สภาพทางฟิสิกส์ของแหล่งน้ำเสียไป เช่น โรงเลื่อยอาจปล่อยเศษผงไม้ลงในแม่น้ำลำคลองทำให้แหล่งน้ำคั่งเงิน เหมือนแร่ต่าง ๆ อาจทำให้เกิดตะกอนในน้ำมากและมีผลกระทบต่อสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงเช่นที่ภูเก็ การทำเหมืองดีบุกในทะเลได้ก่อให้เกิดตะกอนอย่างมากในน้ำทะเลและมีผลเสียต่อปะการังที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียง โรงไฟฟ้าเครื่องจักรไอน้ำหรือโรงไฟฟ้าปรมาณูอาจปล่อยน้ำระบายความร้อนลงมายังแหล่งน้ำ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิขึ้นในบริเวณนั้น และมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในบริเวณนั้นในช่วงเวลาต่อมา โรงกลั่นน้ำมันก็อาจปล่อยของเสียลงมาได้ทำให้เกิดคราบน้ำมันมีกลิ่นเหม็น และทำให้หาดสกปรก โรงย้อมผ้าก็อาจปล่อยของเสียที่ทำให้สีของน้ำเปลี่ยนไปจากสภาพเดิมได้

การวัดปริมาณของเสียที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพทางฟิสิกส์นั้นเราอาจทำได้โดยวิธีการต่าง ๆ เช่น ถ้าเป็นพวกตะกอน วัดความสามารถในการตกตะกอนของของแข็งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ น้ำมันในน้ำใช้วิธี gas chromatography ความร้อนใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ส่วนสีนั้นก็ใช้วิธีการเทียบสี สำหรับการกำจัดนั้นก็มียุทธวิธีเฉพาะกรณี ถ้าเป็นตะกอนแรกก็อาจใช้บ่อพักเพื่อแยกตะกอนก่อนทิ้งน้ำ ถ้าเป็นน้ำระบายความร้อนก็อาจใช้วิธีพักในบ่อเพื่อให้ลดอุณหภูมิลงเสียก่อนหรือไม่ก็ผ่านน้ำระบายความร้อนเข้าไปในหอระบายความร้อน พวกที่เป็นน้ำมันอาจต้องใช้วิธีพิเศษแยกออกก่อน หรือไม่ก็อาจใช้จุลชีพบางชนิดย่อยสลายได้

4. ประเภทที่ทำให้รสและกลิ่นของน้ำเปลี่ยนไป การเปลี่ยนรสของน้ำ ทำให้ผู้บริโภคได้รับความเดือดร้อน โรงงานบางชนิดอาจปล่อยน้ำทิ้งที่มีสารบางชนิด เช่น phenolic compounds ผสมอยู่ด้วย ทำให้รสของน้ำในแหล่งน้ำเปลี่ยนไป แม้ของเสียจะมีปริมาณน้อยมากก็อาจทำให้รสและกลิ่นเปลี่ยนไปได้ น้ำทิ้งที่ก่อให้เกิดเหตุการณ์ดังกล่าวได้แก่ น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางเทียม โรงกลั่นน้ำมัน น้ำบางแห่งที่มีรสและกลิ่นเปลี่ยนไปนั้นยังอาจมีผลทำให้สัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นมีรสและกลิ่นเปลี่ยนไปด้วย ทำให้ผู้บริโภคเกิดความรังเกียจ ตัวอย่างอันนี้ได้แก่การที่ปูม้าปูทะเลในบริเวณศรีราชามีกลิ่นเปลี่ยนไปเนื่องจากของเสียที่ทิ้งจากโรงกลั่นน้ำมัน

การวัดปริมาณสารต้นเหตุที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสเปลี่ยนได้แก่วิธีทางเคมี ถ้าเป็นสารประกอบพวกน้ำมันเราอาจใช้เครื่องมือ gas chromatography วัดระหะห์ปริมาณได้

การกำจัดกลิ่นและรสนั้นอาจทำได้โดยวิธีการทางชีวภาพ โดยใช้จุลินทรีย์บางชนิดย่อยสลายสารประกอบที่เป็นต้นเหตุก่อนที่จะทิ้งน้ำเสียลงไปในแหล่งน้ำธรรมชาติ

5. ประเภทที่มีสารอนินทรีย์ที่เป็นของแข็งละลายอยู่ พวกนี้ได้แก่ Na, K, Ca, Mg และ Fe แร่ธาตุพวกนี้เป็นธาตุอาหารของพืชน้ำ แต่จะต้องอยู่ในปริมาณที่พอควร ถ้ามีอยู่ในน้ำมากเกินไปก็อาจเกิดเป็นพิษเป็นภัยได้เช่นกัน โรงงานที่ปล่อยธาตุเหล่านี้ลงมาในแหล่งน้ำได้แก่ โรงงานฟอกหนัง นอกจากนี้ น้ำที่ถูกเก็บไว้ในเขื่อนนาน ๆ ก็จะมีแร่ธาตุพวกนี้สูงได้เช่นกัน การวัดปริมาณแร่ธาตุเหล่านี้ อาจทำได้โดยวิธีเคมีวิเคราะห์ธรรมดา ๆ การกำจัดแร่ธาตุเหล่านี้ ออกจากน้ำที่ทิ้งอาจทำได้โดยการผ่านน้ำทิ้งเข้าไปใน ion exchange column หรืออีกวิธีหนึ่งโดยการ coagulate ด้วยสารเคมีบางชนิด

6. ประเภทที่ปล่อยสารกัมมันตภาพรังสีออกมา โรงงานที่ปล่อยสารเหล่านี้ ออกมาได้แก่ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เคาปฏิกรณ์ปรมาณูเพื่อการศึกษาและวิจัย โรงงานผลิตและแปรสภาพสารกัมมันตภาพรังสี โดยปกติแล้วถ้ามีการควบคุมที่ดีพอ ก็จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม แต่ในบางครั้งอาจเกิดอุบัติเหตุของการรั่วไหล ยกตัวอย่างเช่น การรั่วไหลที่ Three Miles Island สหรัฐอเมริกา เครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีในสิ่งแวดล้อมได้แก่ Geiger-Muller Counter นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือพิเศษอีกหลายชนิด น้ำทิ้งจากโรงงานเหล่านี้ ควรได้รับความเอาใจใส่เป็นพิเศษ น้ำทิ้งควรถูกผ่านเข้าไปใน ion exchange column เพื่อทำการแยกสารกัมมันตภาพรังสีออกเสียก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำในธรรมชาติ

7. ประเภทที่ปล่อยสารกัดโลหะออกมา น้ำทิ้งที่มีความเป็นกรดหรือด่างมาก อาจก่อให้เกิดการผุกร่อนของโลหะที่เป็นโครงสร้างของเรือ ท่อเรือ และสะพาน โรงงานที่ปล่อยน้ำทิ้งชนิดนี้ออกมาได้แก่ โรงงานทำของดอง โรงงานผลิตสบู่และผงซักฟอก เราอาจใช้เครื่องมือสำหรับวัดความเป็นกรดและด่างเพื่อวิเคราะห์น้ำทิ้งได้ สำหรับการกำจัดนั้น อาจทำได้โดยการทำให้ น้ำทิ้งมีฤทธิ์เป็นกลาง โดยการเติมสารเคมี

8. ประเภทที่ปล่อยเชื้อโรคลงสู่แหล่งน้ำ โรงงานที่ปล่อยเชื้อโรคที่เป็นเชื้อโรค ทั้งของคนและสัตว์ลงมาในแหล่งน้ำได้แก่ โรงงานฆ่าสัตว์ โรงงานฟอกหนัง โรงทำอาหารกระป๋อง และโรงพยาบาล น้ำทิ้งจากโรงงานเหล่านี้ ควรได้รับการกำจัดเชื้อโรคโดยสารเคมี เช่น เดิมคลอรีนเสียก่อนที่จะปล่อยลงสู่แม่น้ำ

ผลกระทบของน้ำทิ้งจากโรงงานต่อสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำอาจทำให้เพิ่มขึ้นได้ หรือลดลงได้โดยตัวประกอบ ต่อไปนี้

1. ปริมาณและความถี่ของฝน ถ้ามีฝนตกชุกมากก็จะเกิดการเจือจางได้มากขึ้น และทำให้มีผลกระทบน้อยลง
2. ปริมาณและลักษณะของน้ำผิวดิน ถ้ามีมากก็จะเกิดการเจือจางได้มากขึ้น

3. ปริมาณการไหลของน้ำในแม่น้ำ ถ้ามากและเร็วก็จะทำให้เกิดการเจือจางได้
ดีขึ้น

4. อุณหภูมิ ถ้าสูงขึ้นก็อาจทำให้สารพิษบางชนิดมีความเป็นพิษสูงขึ้น

5. แสงแดด ถ้ามีความเข้มสูงก็อาจก่อให้เกิดการแพร่พันธุ์ของพืชน้ำเล็ก ๆ ได้
อย่างรวดเร็ว ตัวประกอบชนิดนี้จะมีบทบาทที่สำคัญคือน้ำที่ประเภทแรก

6. ทิศทางและกระแสลม ในอ่าวใหญ่ ทิศทางและกระแสลมจะมีอิทธิพลมาก
ต่อการไหลของกระแสน้ำในอ่าว และอัตราการไหลนี้ก็จะมามีบทบาทที่สำคัญในการนำพาหรือเจือ
จางน้ำทิ้งในโรงงาน

3.) มลพิษของน้ำที่เกิดจากน้ำทิ้งของการเกษตรกรรม (agricultural
wastewaters)

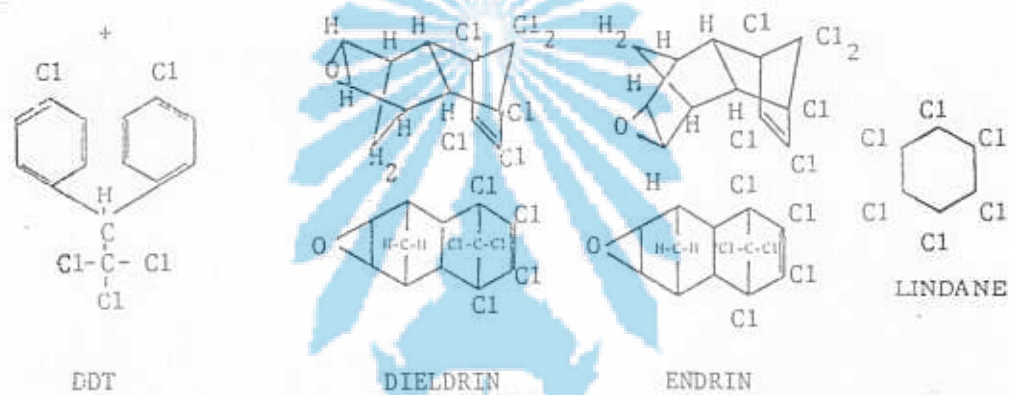
วิวัฒนาการในด้านการเกษตรนั้นถ้าไม่มีการวางแผนที่ดีพอก็อาจก่อให้เกิดผล
กระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ ทั้งนี้เป็นเพราะการเกษตรกรรมนั้นเกี่ยวกับการใช้น้ำซึ่งส่วนใหญ่ได้มา
จากการชลประทาน และเกี่ยวข้องกับการใช้สารเคมีชนิดต่าง ๆ เพื่อเพิ่มผลผลิตของพืช เช่น การ
ใช้ปุ๋ยที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เพื่อเป็นธาตุอาหารของพืช การใช้ยาปราบ
ศัตรูพืชก็มามีบทบาทที่สำคัญมากในการอยู่รอดของพืช การใช้สารประกอบเหล่านี้มีทั้งข้อดีและข้อ
เสีย ยาปราบศัตรูพืชที่ถูกฉีดพ่นลงไปในไร่และน่านั้นบางส่วนจะติดอยู่ตามใบ บางส่วนก็อาจตก
ลงไปบนพื้นดิน และบางส่วนอาจถูกพัดพาโดยลมไปตกยังที่ต่าง ๆ เมื่อฝนตกก็จะถูกชะล้างลงสู่
แหล่งน้ำ และก่อให้เกิดผลกระทบต่องิ๊งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ สารประกอบไนโตรเจนและ
ฟอสฟอรัสก็เช่นเดียวกันถ้าใช้มากเกินไป เมื่อมีการชะล้างลงสู่แหล่งน้ำก็จะเกิดผลกระทบ ทำให้
น้ำมีธาตุอาหารมากเกินไป (eutrophication) อาจก่อให้เกิดการแพร่พันธุ์อย่างรวดเร็วของแพลงค์
ตอนพืช และผลต่อมาก็คือการลดลงของออกซิเจนในน้ำในเวลากลางคืน มีผลกระทบต่อพวกสัตว์
น้ำที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น ในที่นี้จะขอกล่าวถึงปัญหามลพิษที่เกิดจากยาปราบศัตรูพืชก่อน แล้ว
ต่อด้วยผลกระทบที่เกิดจากการชลประทาน

มลพิษที่เกิดจากการใช้ยาปราบศัตรูพืช

1. การจำแนกประเภทของยาปราบศัตรูพืช

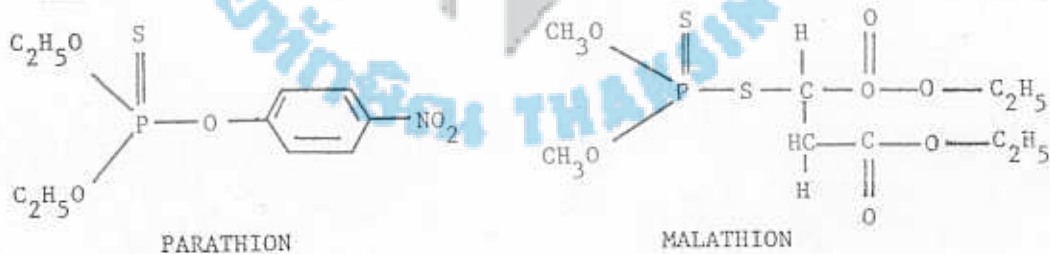
ยาปราบศัตรูพืชหรือที่ภาษาอังกฤษเรียกว่า pesticides นั้น มาจากคำว่า pest ซึ่งแปล
ว่าศัตรูที่เป็นอันตรายต่อพืช และคำว่า cide ซึ่งแปลตรงตัวได้ว่า “ฆ่า” ยาปราบศัตรูพืชอาจถูก
จำแนกออกตามประเภทของการใช้ เช่น ยาฆ่าแมลง (insecticides) ยาฆ่าวัชพืช (herbicides) ยา
ฆ่าหนู (rodenticides) และยาฆ่าเชื้อรา (fungicides) การจำแนกอีกอย่างหนึ่งได้แก่ การจำแนก
ตามจุดกำเนิด เช่น จากพวกแร่ธาตุ (mineral origin) พวกนี้ได้แก่ สารหนู และสารประกอบอนิน
ทรีย์ที่มีส่วนประกอบของกำมะถัน ทองแดง fluoride และปรอท จากพวกพืช (botanical
origin) ได้แก่ nicotine, rotenone และกากเมล็ดชา จากพวกสารสังเคราะห์ (synthetic origin) ที่

เป็นขำมาแมลงได้แก่ chlorinated hydrocarbon สารประกอบเหล่านี้มีส่วนประกอบของ chlorine, hydrogen และ carbon มีอยู่เพียงสองถึงสามชนิดเท่านั้นที่มี oxygen ประกอบอยู่ด้วย สารประกอบพวกนี้มีความสามารถในการทำลายประสาท ยกตัวอย่างเช่น Dichloro diphenyl trichloroethane (DDT), Dieldrin, Endrin และ Lindane ขำมาแมลงประเภทนี้ถูกย่อยสลายได้ยากจึงมีความเป็นพิษตกค้างได้นาน (รูปที่ 2.3) สารสังเคราะห์ที่เป็นขำมาแมลงอีกประเภทหนึ่งเป็นพวกสาร



รูปที่ 2.3 สูตรโครงสร้างของขำมาแมลงประเภท chlorinated hydrocarbon บางชนิด

ประกอบอินทรีย์ซึ่งมีฟอสฟอรัสเป็นตัวประกอบ สารประกอบเหล่านี้เป็น derivatives ของ phosphoric acid สารพวกนี้เป็นพิษโดยที่มันสามารถระงับการทำงานของ enzyme ที่มีชื่อว่า Cholinesterase ตัวอย่างของสารประเภทนี้ได้แก่ Parathion และ Malathion ขำมาแมลงประเภทนี้ถูกย่อยสลายได้ในเวลาอันสั้น จึงไม่มีพิษตกค้าง (รูปที่ 2.4) สารสังเคราะห์ที่เป็นขำมาแมลงพิษส่วนใหญ่มีโครงสร้างคล้าย chlorinated hydrocarbon แต่ที่เราจัดไว้เป็นอีกประเภทหนึ่งเพราะว่ามันมี carboxyl groups ประกอบอยู่ด้วย ยกตัวอย่างเช่น 2-4 D, 2, 4-T และ Silvex®



รูปที่ 2.4 สูตรโครงสร้างของขำมาแมลงประเภท organo phosphorus compounds บางชนิด

2. ประวัติการใช้

เมื่อประมาณหนึ่งพันปีก่อนศตวรรษ ชาวโรมันได้เริ่มใช้กำมะถันรมควันเพื่อป้องกัน และฆ่าเชื้อโรค ในปี ค.ศ. 1939 DDT ได้ถูกสังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้เป็นยาฆ่าแมลง ต่อมาในปี ค.ศ. 1945 organo phosphorus compounds ก็ได้ถูกสังเคราะห์ขึ้น ผลิตภัณฑ์ยาปราบศัตรูพืชได้เพิ่มขึ้น โดยรวดเร็วจากปี ค.ศ. 1942 ซึ่งแทบจะไม่มีการใช้เลยมาเป็น 346 ล้านกิโลกรัม ในปี ค.ศ. 1965 และได้เพิ่มขึ้นอีก 10 เท่าในปี ค.ศ. 1975 ผลดีของการใช้ก็คือ ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรสูงขึ้น เรื่อย ๆ และทำให้การควบคุมโรคมาลาเรียได้ผลดี ผลเสียของการใช้ได้แก่ การที่มีพิษตกค้างของ ยาฆ่าแมลงเพิ่มขึ้นในสิ่งแวดล้อมและอาจเป็นเหตุที่ทำให้สัตว์บางชนิดต้องสูญพันธุ์ไป (Hallbach, 1968)

3. ผลกระทบของยาปราบศัตรูพืชต่อสิ่งแวดล้อม

ยาปราบศัตรูพืชได้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจนเป็นที่สนใจของคนครั้งแรก เมื่อปี ค.ศ. 1950 แหล่งน้ำบางแห่งในมลรัฐ Tennessee สหรัฐอเมริกา ได้มีเหตุการณ์ปลาตายเป็น จำนวนมาก ปลาเหล่านี้ถูกฆ่าโดยยาฆ่าแมลงที่ถูกชะล้างมาจากไร่ฝ้ายโคซเฟน ในปี ค.ศ. 1960-1963 ได้มีเหตุการณ์ปลาตายเกิดขึ้นอย่างมามากติดต่อกันในบริเวณลุ่มแม่น้ำ Mississippi และจากการตรวจสอบพบว่าเนื่องมาจากยาฆ่าแมลงที่มีชื่อว่า Endrin ซึ่งมีความเข้มข้นเพียง 1 ส่วนในพัน ล้านส่วน รัฐบาลกลางของสหรัฐอเมริกาจึงได้ออกกฎหมายบังคับห้ามใช้ endrin ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1964 เป็นต้นมา (Hallbach, 1968)

ยาปราบศัตรูพืชถูกนำพาลงสู่แหล่งน้ำได้หลายทาง ในกรณีแรกอาจเกิดจากการที่ยาปราบศัตรูพืชถูกใช้ในแหล่งน้ำโดยตรง เพื่อกำจัดแมลงน้ำและวัชพืช กรณีที่สองเกิดจากโรงงาน อุตสาหกรรมเคมีที่ผลิตยาปราบศัตรูพืช น้ำทิ้งจากโรงงานอาจมียาปราบศัตรูพืชปะปนลงมาด้วย กรณีที่สามเกิดจากฝนที่ชะล้างปริมาณตกค้างของยาปราบศัตรูพืชจากพื้นที่ ๆ ทำการเกษตรกรรม ลงมาในแหล่งน้ำ ความสามารถของน้ำที่จะนำพายาปราบศัตรูพืชที่ตกค้างลงมาขึ้นอยู่กับตัว ประกอบหลายประการ เช่น ความสามารถในการละลายของยาปราบศัตรูพืช ความคงสภาพของยาปราบศัตรูพืชที่อยู่ในดิน pH และอุณหภูมิของดินและน้ำ ชนิดและปริมาณตกค้างของยาปราบศัตรูพืช ความลาดชันของพื้นที่ ชนิดของดิน ปริมาณและความถี่ของฝน และการอนุรักษ์ดิน

ผลกระทบของยาปราบศัตรูพืชต่อสิ่งมีชีวิตมีอยู่สองแบบคือ ผลกระทบแบบเฉียบพลันและผลกระทบแบบเรื้อรัง (chronic effect) สำหรับผลกระทบแบบแรกนั้นได้มีการประเมินผลแล้วว่าคนในสหรัฐอเมริกา ประมาณ 150 คนต่อปี ได้ตายเพราะถูกพิษของยาปราบศัตรูพืช ส่วนมากที่ตายเป็นผู้ที่อยู่ในวงการเกษตร เป็นคนผสมและฉีดยาปราบศัตรูพืชในไร่ ในเรื่องผลกระทบแบบเฉียบพลันที่มีต่อปลานั้นพบว่า ปลามีความไวต่อยาปราบศัตรูพืชในแต่ละชนิดไม่เท่ากัน ตารางที่ 2.3 ได้แสดงผลการทดสอบทางชีวภาพของปลา blue gill ที่มีต่อยาฆ่าแมลงหลายชนิด

ผลกระทบแบบเรื้อรัง อาจเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่าเป็นความเป็นพิษแบบสะสมทีละน้อย ขาฆ่าแมลงประเภท chlorinated hydrocarbon ถูกจัดว่าเป็นสารเคมีที่ถูกย่อยสลายได้ยาก ฉะนั้น เมื่อฆ่าแมลงประเภทนี้ได้เข้าสู่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตก็จะเกิดการสะสมขึ้นทีละน้อย ขาฆ่าแมลงชนิดที่เป็นปัญหาและได้ถูกศึกษามากที่สุดได้แก่ DDT การสะสมดังกล่าวนี้เมื่อมากถึงขั้น ๆ หนึ่งก็จะเกิดความเป็นพิษได้ทันที ได้มีผู้ที่ศึกษาการสะสมของ DDT ในโซ่อาหาร หลายท่าน และพบว่าปริมาณ DDT จะสูงขึ้นเรื่อย ๆ จากน้ำจนถึงสัตว์ชั้นสูงของยกตัวอย่างการวิจัยของ Woodwell et al. (1967) ซึ่งพบว่า เมื่อน้ำมี DDT 0.00005 มล.ก./ล.

ตาราง 2.3 การเปรียบเทียบความเป็นพิษของยาฆ่าแมลงประเภท Organo phosphorus compounds และประเภท Chlorinated hydrocarbon ที่มีต่อปลา blue gill

Organo Phosphorus	TLm-96 hrs. (mg/l)	Chlorinated Hydrocarbon	TLm-96 hrs. (mg/l)
Gluthion	0.0052	Endrin	0.0006
Malathion	0.090	Toxaphene	0.0035
Parathion	0.095	Dieldrin	0.0035
TEPP	1.1	DDT	0.016
Methyl Parathion	1.9	Heptachlor	0.019
OMPA	110	Lindane	0.077

แหล่งที่มา : Pickering et al. (1962)

ได้ยังผลให้แมลงศัตรูมี DDT 0.040 มล.ก./ล. กุ้งซึ่งกินแมลงศัตรูนี้มี DDT 0.16 มล.ก./ล. ปลาที่กินกุ้งมี DDT 0.94 มล.ก./ล. นกที่กินปลามี DDT 0.94 มล.ก./ล. และเหยี่ยวที่กินนกกอีกจะมี DDT สูงถึง 9.60 มล.ก./ล. การวิจัยของ Menasveta et al. (1979) ก็ได้ผลสรุปที่คล้ายคลึงกัน การเพิ่มขยายของสารมีพิษดังกล่าวตามโซ่อาหาร เราเรียกว่าเป็นการเพิ่มขยายแบบชีวภาพ ด้วยเหตุนี้เองที่ทำให้วงการซึ่งเกี่ยวข้องกับอาหารต้องมีการตรวจตราพิษตกค้างของยาฆ่าแมลงในอาหารอยู่เป็นประจำ

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณตกค้างของยาปราบศัตรูพืชในน้ำและสิ่งมีชีวิตอาจทำได้สามวิธี คือ paper chromatography, thin-layer chromatography และ gas chromatography

ผลกระทบของยาปราบศัตรูพืชต่อสิ่งแวดล้อมอาจทำให้ลดลงได้ ถ้ามีการเปลี่ยนหรือคัดแปลงวิธีการปราบศัตรูพืช เช่น อาจใช้วิธีการชีวภาพเพื่อกำจัดแมลงโดยการผลิตตัวห้ำและตัวเบียนขึ้นมาเพื่อนำไปปราบแมลงที่เป็นศัตรูพืช นอกจากนี้เราอาจเลือกใช้สารสังเคราะห์ที่มีพิษน้อยกว่าเพื่อการกำจัดแมลง ยกตัวอย่าง เช่น สหรัฐอเมริกาได้ประกาศให้เลิกใช้ heptachlor เพื่อกำจัดมด

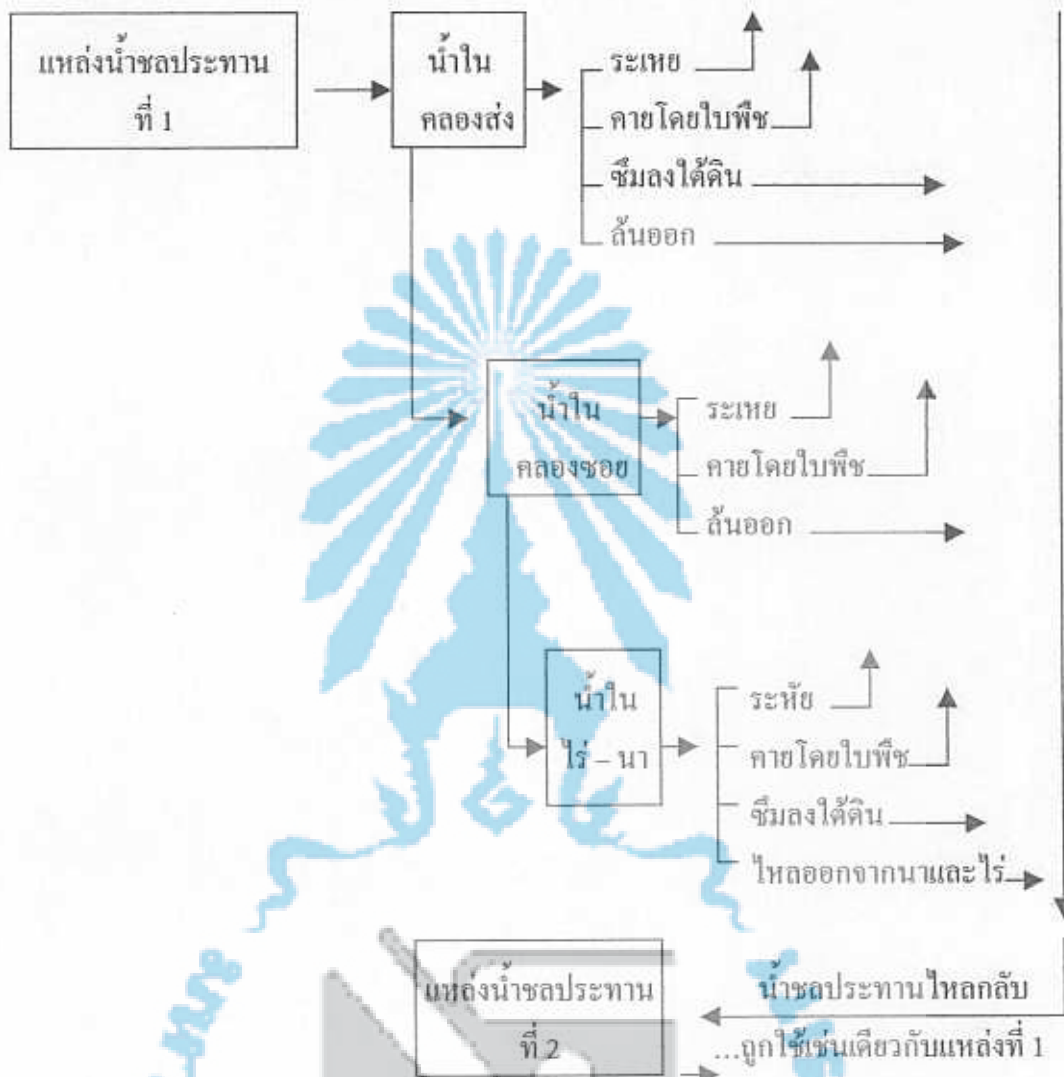
ค้นพบในภาคใต้โดยแนะนำให้ใช้ Mirex^R แทน นอกจากนี้ sevin^R ซึ่งมีพิษน้อยมากต่อปลาที่ได้ออกเลือกใช้ปราบศัตรูในป่าไม้ของรัฐอูชิงคันแทน DDT

มลพิษที่เกิดจากการชลประทานเพื่อการเกษตร

เมื่อได้เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำประเภทต่าง ๆ แล้วจะพบว่า ปริมาณน้ำที่ถูกใช้ไปในการเกษตรกรรมจะมากกว่าการใช้น้ำประเภทอื่นเสมอ ยกตัวอย่างเช่น ในสหรัฐอเมริกา น้ำที่ถูกใช้ต่อหนึ่งวันมีปริมาณถึง 390 พันล้านแกลลอน ประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำที่ถูกใช้ไปในการเกษตรกรรม อีก 40% จะถูกใช้ไปในการอุตสาหกรรม และอีก 10% ถูกใช้ไปในเรื่องอุปโภคบริโภค

น้ำที่ถูกใช้ไปในการเกษตรนั้นส่วนใหญ่เป็นน้ำซึ่งได้มาจากการชลประทานซึ่งได้แก่น้ำจากอ่างเก็บน้ำซึ่งเกิดจากการสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำ การชลประทานจะมีคลองส่งน้ำเพื่อจำหน่ายน้ำไปยังพื้นที่ต่าง ๆ ที่ทำการเกษตร น้ำในที่เก็บกักและในคลองส่งน้ำเรียกว่า น้ำชลประทาน (irrigation water) เมื่อน้ำชลประทานเหล่านี้ถูกใช้ไปในการเกษตรกรรม เช่น ใช้น้ำรดพืชและผักแล้ว บางส่วนก็จะหาทางไหลกลับลงสู่แหล่งน้ำที่ต่ำกว่าซึ่งก็ได้แก่คลองระบายน้ำนั่นเอง น้ำมวลนี้เราเรียกว่า น้ำชลประทานไหลกลับ (irrigation return flow) และน้ำมวลนี้เองที่อาจก่อให้เกิดปัญหามลพิษขึ้นได้ เพราะคุณภาพได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม อาจมีพิษตกค้างของยาฆ่าแมลงติดมาด้วย หรือไม่ก็อาจมีการนำพาปุ๋ยเคมีที่ตกค้างอยู่ลงมาด้วย

เมื่อพิจารณาให้ละเอียดแล้วจะพบว่าปริมาณ 2/3 ของน้ำชลประทานจะหายไปด้วยสาเหตุของการระเหยจากน้ำที่ผิวดินและผิวน้ำโดยตรงรวมทั้งการคายน้ำของพืช ส่วนที่เหลืออีก 1/3 ก็จะเป็นน้ำชลประทานไหลกลับ น้ำชลประทานไหลกลับนี้อาจแบ่งออกได้เป็นสามประเภทคือ 1. น้ำล้น (over flow) ซึ่งได้แก่น้ำชลประทานที่มีปริมาณมากเกินความต้องการ จึงไหลกลับลงคลองระบายน้ำก่อนที่จะถูกใช้โดยพื้นที่ทำการเกษตร 2. น้ำไหลออก (run off) เป็นน้ำชลประทานที่ถูกใช้แล้วและถูกถ่ายเทลงสู่คลองระบายน้ำ เช่น การถ่ายน้ำจากนาที่คลองระบายน้ำเพื่อทำการเก็บเกี่ยวข้าว 3. น้ำซึม (seepage) เป็นน้ำชลประทานที่ถูกใช้ในพื้นที่ทำการเกษตรและเป็นส่วนที่ได้ซึมลงไปในดิน ในเวลาต่อมาได้ไหลซึมลงสู่คลองระบายน้ำ (รูปที่ 2.5)



รูปที่ 2.5 แสดงวิถีทางของน้ำในระบบชลประทาน

ในระบบชลประทานที่ใหญ่และมีเนื้อที่กว้างขวางนั้น น้ำชลประทานไหลกลับอาจถูกใช้อีกครั้งในพื้นที่ทำการเกษตรที่อยู่ต่ำลงมา และก็อาจถูกใช้อีกหลายครั้งหรืออาจกล่าวง่าย ๆ ได้ว่า น้ำมวลเด็ชวถูกใช้หลายครั้งก่อนที่จะถูกปล่อยลงสู่ทะเล ขบวนการใช้ดังกล่าวนี้ น้ำชลประทานไหลกลับจะมีคุณภาพเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากขึ้นจนอาจก่อให้เกิดปัญหามลพิษได้ คุณภาพของน้ำชลประทานไหลกลับที่อาจเปลี่ยนแปลง ได้มีดังนี้คือ

1. มีปริมาณแร่ธาตุสูงขึ้นเนื่องมาจากการละลายแร่ธาตุในดินโดยน้ำชลประทานไหลกลับ นอกจากนี้การระเหยของน้ำและการคายน้ำโดยใบพืชก็เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้แร่ธาตุในน้ำชลประทานไหลกลับมีปริมาณสูงขึ้น ในพื้นที่บางแห่งอาจมีปริมาณเกลือสูงกว่าปกติ เมื่อมีน้ำไหลผ่านก็จะเกิดการละลายดินมากขึ้น

2. มีอุณหภูมิสูงขึ้น ในฤดูร้อนความร้อนของดินจะสูง เมื่อมีการให้น้ำแก่ดินน้ำก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยการถ่ายเทความร้อนของดิน เมื่อน้ำไหลกลับสู่คลองระบายน้ำก็จะทำให้น้ำในคลองระบายน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นไปด้วย

3. ความขุ่นสูงขึ้น เนื่องมาจากการชะพังหรือศุกร้อนของดินในพื้นที่ทำการเกษตรและน้ำชลประทานไหลกลับได้นำพาตะกอนลงมายังคลองระบายน้ำด้วย นอกจากนี้ถ้าบริเวณพื้นที่ที่มีการใช้น้ำชลประทานมีอินทรีย์สารสูงก็อาจมีผลทำให้น้ำชลประทานไหลกลับเปลี่ยนสีได้ด้วย โดยมากจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (peaty water)

4. ธาตุอาหาร (nutrient) สูงขึ้น พื้นที่ทำการเกษตรส่วนใหญ่จะมีการเพิ่มธาตุอาหารหรือปุ๋ยลงไปเพื่อเพิ่มผลผลิต อย่างไรก็ตามถ้ามีการใช้ปุ๋ยมากเกินไปก็อาจทำให้มีส่วนที่เหลือได้ และส่วนนี้ก็จะละลายไปกับน้ำชลประทานไหลกลับ ผลกระทบในเวลาต่อมาได้แก่การเพิ่มขยายของประชากรพืชน้ำอย่างรวดเร็ว และทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลงในเวลากลางคืน มีผลกระทบต่อสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น นอกจากนี้การที่มีปริมาณปุ๋ยบางชนิด เช่น ไนเตรตสูงขึ้นไปในน้ำก็อาจมีผลกระทบต่อผู้บริโภคได้ น้ำที่มีไนเตรตสูงกว่า 40 ppm. จะมีอันตรายต่อทารก

5. มีการเจือปนของยาปราบศัตรูพืช การเกษตรกรรมส่วนใหญ่จะมีการใช้ยาปราบศัตรูพืช ถ้าเป็นชนิดที่สามารถคงสภาพในสิ่งแวดล้อมได้นาน เช่น Chlorinated Hydrocarbon ก็จะมีโอกาสเจือปนมากับน้ำชลประทานไหลกลับ ผลกระทบที่เกิดขึ้นก็คือสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในคลองระบายน้ำจะได้รับอันตราย

4.) ปัญหามลพิษของตะกั่วในสิ่งแวดล้อม

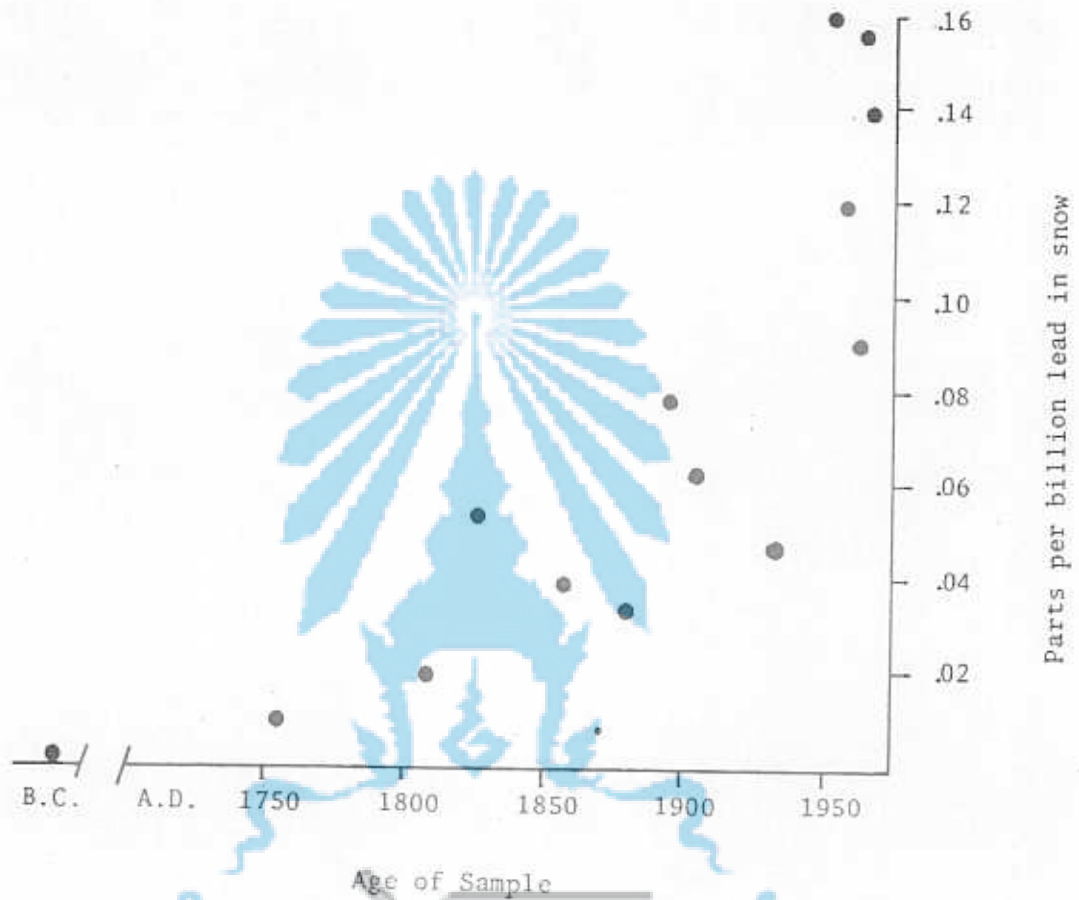
ธาตุที่จัดว่าอยู่ในจำพวกโลหะหนักมีอยู่หลายธาตุด้วยกัน เช่น โปรอทสังกะสี ทองแดง แคลเซียม ตะกั่ว และธาตุอื่น ๆ อีกหลายธาตุ ธาตุที่ได้กล่าวชื่อมาแล้วนี้ถึงแม้ว่าจะมีประโยชน์แต่ก็มีพิษ ตะกั่วเป็นธาตุซึ่งถูกใช้มาแต่โบราณกาล เช่น ชาวโรมันใช้ตะกั่วทำท่อส่งน้ำและภาชนะหมักเหล้าไวน์ ท่อส่งน้ำประปาไปตามบ้านเมื่อไม่นานมานี้ก็ยังทำด้วยโลหะผสมซึ่งมีตะกั่วผสมอยู่ด้วย โดยปกติตะกั่วตามธรรมชาติจะมีเจือปนอยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น ดินและน้ำในระดับต่ำ แต่ในระยะ 20-30 ปีที่ผ่านมา ตะกั่วได้เจือปนเพิ่มขึ้นในสิ่งแวดล้อมอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งจะเน้นถึงแหล่งที่ก่อให้เกิดการเจือปนเพิ่มขึ้นของตะกั่วในสิ่งแวดล้อม และผลกระทบของตะกั่วที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

1. แหล่งที่ก่อให้เกิดการเจือปนเพิ่มขึ้นของตะกั่วในสิ่งแวดล้อม

การเจือปนเพิ่มขึ้นของตะกั่วในสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไปของโลกได้ถูกพบครั้งแรกเมื่อประมาณ 15 ปีที่แล้วมานี้ นักสมุทรศาสตร์ที่ศึกษาการแพร่กระจายของตะกั่วในมหาสมุทรพบว่าน้ำในชั้นผิวมีปริมาณตะกั่วเจือปนอยู่มากกว่าน้ำในระดับลึก ปรากฏการณ์เช่นนี้ขัดกับสมมติฐานการแพร่กระจายของตะกั่วในน้ำทะเล เพราะโดยปกติแล้วตะกั่วที่กระจายอยู่ในน้ำควรมีความเข้มข้นเท่ากันไม่ว่าจะอยู่ในระดับผิวน้ำหรือระดับลึกก็ตาม การที่น้ำระดับผิวมีความเข้มข้นของ

ตะกั่วมากกว่าจึงอาจจะเป็นเพราะตะกั่วถูกนำพามาโดยลมและตกลงสู่ผิวน้ำโดยฝน การที่ตะกั่วจะตกตะกอนลงสู่พื้นของมหาสมุทรต้องกินเวลานานมากนับเป็นร้อย ๆ ปี ฉะนั้นจึงทำให้ตะกั่วตกค้างอยู่ในระดับผิวน้ำได้เป็นเวลานาน Murozumi et al. (1965) ได้ทำการศึกษาระดับของตะกั่วในชั้นต่าง ๆ ของน้ำแข็งซึ่งอยู่บนกรีนแลนด์ พบว่าตะกั่วได้มีการเจือปนเพิ่มขึ้นจริงในประมาณสองสหัสวรรษที่ผ่านมา (รูปที่ 2.6) ตะกั่วในชั้นของน้ำแข็งซึ่งมีอายุ 800 ปี ก่อนคริสต์กาลมีตะกั่วอยู่ในปริมาณต่ำ การเพิ่มของตะกั่วได้เกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในราวสหัสวรรษที่ 18 ทั้งนี้เพราะมีการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม และพอมายังปี ค.ศ. 1924 ซึ่งเป็นปีที่เริ่มใช้ตะกั่วผสมลงในน้ำมันเบนซินเพื่อเป็นสารกันเครื่องยนต์กระตุก ตะกั่วก็ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนับแต่นั้นเป็นต้นมา ฉะนั้นจึงพอที่จะสรุปได้ว่าการเจือปนเพิ่มขึ้นของตะกั่วในสิ่งแวดล้อมของโลกนั้น มีแหล่งที่มาที่สำคัญที่สุดคือตะกั่วในน้ำมันเบนซิน

ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นเป็นเหตุการณ์เจือปนเพิ่มขึ้นของตะกั่วในสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไปของโลก ถึงที่เราควรพิจารณากันต่อไปได้แก่การเปรียบเทียบการเจือปนของตะกั่วระหว่างสิ่งแวดล้อมในเมืองใหญ่ ๆ ซึ่งมีการจราจรคับคั่ง กับสิ่งแวดล้อมในชนบทห่างไกลจากความเจริญ และมีการใช้น้ำมันเบนซินกันน้อยมาก ทั้งนี้เพื่อให้รู้แน่ชัดว่าตะกั่วจากน้ำมันเบนซินเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดการเจือปนเพิ่มขึ้นจริงหรือไม่ Chow และ Earl (1970) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระดับของตะกั่วในอากาศของเมืองซานดิเอโก มลรัฐแคลิฟอร์เนีย ซึ่งมีคนอาศัยอยู่ประมาณหนึ่งล้านคนเทียบกับระดับตะกั่วในบริเวณนอกเมืองสองแห่ง จากผลการศึกษาพอจะสรุปได้ว่าอากาศในเมืองซานดิเอโกมีระดับตะกั่วสูงกว่าอากาศบนภูเขาสูง 6,000 ฟุต ถึง 50 เท่า และสูงกว่าอากาศในทะเลหลวงถึง 500 เท่า โปรดพิจารณาในตารางที่ 2.4 การที่ตะกั่วในอากาศมีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศนั้น บางคนอาจถือว่าเป็นหน่วยที่น้อยมาก แต่หน่วยขนาดนี้สามารถทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ เนื่องจากตะกั่วส่วนมากที่อยู่ในอากาศติดอยู่กับฝุ่นละออง ฉะนั้นเราอาจแสดงหน่วยของตะกั่วได้อีกอย่าง คือ ร้อยละโดยน้ำหนักของตะกั่วในฝุ่น Chow และ Earl (1970) พบว่าฝุ่นบนหลังคาห้องสมุดในเมืองซานดิเอโก มีค่าสูงถึง 2% ในบางครั้งสูงถึง 7% ซึ่งความเข้มข้นขนาดนี้มีค่าเท่ากับดินซึ่งอยู่ในเหมืองตะกั่ว



รูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุของน้ำแข็งบนกรีนแลนด์กับความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำแข็ง

แหล่งที่มา : Murozumi et al. (1969)

ตารางที่ 2.4 ตะกั่วในอากาศของสิ่งแวดล้อมที่ต่างกัน

แหล่งของอากาศ	ระดับของตะกั่ว (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
กลางมหาสมุทรแปซิฟิก	0.001
สะพานปลาของสถาบันสมุทรศาสตร์ครีป เมืองซานดิเอโก	0.5
บนหลังคาห้องสมุดในเมืองซานดิเอโก	2.1
บนเขา Laguna (สูง 6,000 ฟุต) นอกเมืองซานดิเอโก	0.01
หน้าโรงพยาบาลสยาม กรุงเทพฯ	108.30
หน้าเซ็นทรัลชิดลม กรุงเทพฯ	100.0

แหล่งที่มา : เข็มศักดิ์ (2520)

สำนักงานป้องกันสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (USEPA) ได้พิจารณาให้ความเห็นวาระดับของตะกั่วในอากาศที่มีค่าสูงกว่า 2 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร เป็นระดับที่เสี่ยงต่อการเป็นอันตรายต่อสุขภาพ สำหรับมาตรฐานคุณภาพอากาศของมลรัฐแคลิฟอร์เนียในขณะนี้ได้บ่งไว้ว่าอากาศในรัฐแคลิฟอร์เนียมีตะกั่วอยู่ในขั้นสูงสุดได้ไม่เกิน 1.5 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตรเป็นเวลา มากกว่า 3 เดือน อย่างไรก็ตาม อากาศในเมืองลอสแอนเจลิสมีค่าเฉลี่ยของตะกั่วอยู่ที่ 3.6 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร สำหรับค่าสูงสุดในช่วงระยะเวลาอันสั้นอยู่ในระดับ 71 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

สำหรับอากาศในกรุงเทพฯ นั้น เทรศพรธ และคณะ (2519) พบว่าอากาศในบริเวณหน้าโรงพยาบาลนครสยามและหน้าเซ็นทรัลชิดลม มีตะกั่วอยู่ในปริมาณที่สูงมาก คือ มีค่า 100-108 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (ตารางที่ 2.4) ตะกั่วในอากาศที่มีความเข้มข้นขนาดนี้สามารถที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของคนได้โดยง่าย ตารางที่ 2.5 ตะกั่วในดินของสิ่งแวดล้อมที่ต่างกัน

แหล่งของดิน	ระดับของตะกั่ว (ส่วนในล้านส่วน)
ดินจากขั้วโลกใต้	10-15
เม็กซิโก	
เมืองเม็กซิโกซิตี	179
สหรัฐอเมริกา - ในเมือง	
เมืองวอชิงตัน	234
เมืองนิวยอร์ก	843
สหรัฐอเมริกา - ชนบท	
นิวแฮมเชียร์	18
แคลิฟอร์เนีย	8
ไทย	
กรุงเทพฯ ข้างถนนสายบางนา-ตราด	213
กรุงเทพฯ หมู่บ้านที่ถมที่ด้วยกากเบสเคอร์รี่	3,900

แหล่งที่มา : เปี่ยมศักดิ์ (2520)

เมื่อได้เปรียบเทียบระดับตะกั่วในดินของเมืองใหญ่ ๆ กับดินตามชนบทและที่ห่างไกลจากความเจริญจะพบว่ามีความแตกต่างกันมาก (ดูตารางที่ 2.5) ดินจากบริเวณขั้วโลกใต้ซึ่งใช้เป็นตัวมาตรฐานนั้นถูกเจือปนน้อยมาก มีตะกั่วอยู่ในระดับ 10-15 ส่วนในล้านส่วน สำหรับดินในเมืองใหญ่ ๆ มีระดับตะกั่วกระจายอยู่ในช่วง 179-834 ส่วนในล้านส่วน สำหรับหมู่บ้านในบริเวณ

พระประแดงที่นำกากเบตเตอร์ไปถมที่ดินและถนน ปรากฏว่ามีตะกั่วในดินสูงถึง 3,900 ส่วนในล้านส่วน (เปี่ยมศักดิ์ และกัลยา, 2519) จากการวิเคราะห์หาตะกั่วในตัวอย่างดินที่ถูกเก็บข้างถนนหลวงในระยะทางต่าง ๆ ที่ห่างจากถนน พบว่าดินที่อยู่ใกล้ถนนจะมีระดับตะกั่วสูงกว่าดินที่อยู่ห่างออกไป และสำหรับตะกั่วในจุดใดจุดหนึ่งนั้นพบว่า ผิวดินมีระดับตะกั่วสูงกว่าในดินที่อยู่ลึกลงไป (วินัย และคณะ, 2520)

Schell และ Barnes (1971) ได้ทำการศึกษาปริมาณตะกั่วในแท่งตะกอนที่เก็บขึ้นมาจากก้นทะเลสาบวอชิงตันในมลรัฐวอชิงตัน สหรัฐอเมริกา เขาพบว่าปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในแท่งดินตะกอนได้เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดตั้งแต่ชั้นตะกอนของปี ค.ศ. 1916 เป็นต้นมา อัตราการเพิ่มมีสหสัมพันธ์กับปริมาณการใช้ น้ำมันเบนซินอย่างเห็นได้ชัด การที่ปริมาณความเข้มข้นตะกั่วในชั้นตะกอนของ ปีค.ศ. 1963-1967 ได้ลดลงนั้นก็เนื่องมาจากมีการก่อสร้างสะพานข้ามทะเลสาบ ทำให้มีตะกอนจากการก่อสร้างเพิ่มขึ้นในน้ำ ตะกอนเหล่านี้มีน้ำหนักมากกว่าตะกอนในธรรมชาติจึงตกตะกอนได้รวดเร็วและไม่ได้นำพาตะกั่วลงไปด้วย

โดยทั่วไปน้ำทะเลในมหาสมุทรจะมีปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วละลายอยู่ในช่วง 0.1-1.0 ไมโครกรัม/ลิตร ความเข้มข้นระดับนี้ถือได้ว่าเป็นเส้นฐาน ส่วนน้ำที่อยู่ในบริเวณตัวเมืองใหญ่ ๆ เช่น กรุงเทพฯ อาจมีความเข้มข้นได้สูงถึง 5 ไมโครกรัม/ลิตร (Menasveta et al., 1979)

ทั้ง ๆ ที่สภาพการณ์ยังให้เห็นชัดแล้วว่า การที่มีตะกั่วเจือปนเพิ่มขึ้นอย่างมากในเมืองใหญ่ ๆ เป็นเพราะสาเหตุจากตะกั่วในน้ำมันเบนซิน บริษัทผู้ค้าและผลิตน้ำมันก็ยังอ้างว่า การที่เป็นเช่นนี้ไม่ใช่เป็นเพราะตะกั่วจากน้ำมันเบนซิน แต่การเผาถ่านหินและการเผากากเบตเตอร์เป็นแหล่งที่ปลดปล่อยตะกั่วสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อพิสูจน์ให้เห็นชัดว่าการเพิ่มขึ้นของตะกั่วในสิ่งแวดล้อมของเมืองใหญ่ ๆ มาจากน้ำมันเบนซินจริงหรือไม่ Dr. T. J. Chow แห่งสถาบันสมุทรศาสตร์ จึงได้ใช้หลักการทางด้านไอโซโทปเป็นเครื่องพิสูจน์ โดยปกติตะกั่วในธรรมชาติมีไอโซโทปอยู่ 4 ชนิด คือ ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb และ ^{208}Pb ตะกั่วจากแหล่งใดแหล่งหนึ่งจึงมีอัตราส่วนของทั้ง 4 ชนิดนี้คงที่ เมื่อตะกั่วจากแหล่งหนึ่งถูกเติมลงในน้ำมันเบนซินแล้วถูกใช้ไป และถูกปลดปล่อยออกมายังสิ่งแวดล้อมในเวลาต่อมา ถ้าเรานำเอาตัวอย่างดินมาวิเคราะห์แล้วเปรียบเทียบกับน้ำมันโดยดูอัตราส่วนไอโซโทปเราก็จะทราบทันทีว่าตะกั่วในตัวอย่างดินนั้นมาจากตะกั่วในน้ำมันจริงหรือไม่ Dr. T. J. Chow ได้ใช้วิธีนี้พิสูจน์ให้เห็นแล้วว่า ตะกั่วมากกว่าร้อยละ 90 ของตัวอย่างดินเป็นตะกั่วซึ่งถูกปลดปล่อยออกมาทางท่อไอเสียรถยนต์ ฉะนั้นจึงสรุปได้ว่า ตะกั่วในน้ำมันเบนซินเป็นแหล่งใหญ่ที่ทำให้เกิดการเจือปนเพิ่มขึ้นของตะกั่วในสิ่งแวดล้อม

2. ตะกั่วในสิ่งมีชีวิต

การที่ตะกั่วเจือปนในสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นนั้น ก็จะทำให้มีโอกาสเจือปนเข้าสู่สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำที่ถูกเจือปนโดยตะกั่วอย่างรุนแรง จนทำให้สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้นมีความเข้มข้นของตะกั่วสูงมากกว่าปกติ การตรวจสอบของเป็ยมัสค์คี้ และกัลธา (2520) พบว่า ปลา กุ้ง และหอยที่อาศัยอยู่ในหนองน้ำที่ถูกเจือปนโดยตะกั่วอย่างรุนแรงมีความเข้มข้นของตะกั่วภายในตัวสูง 16.5-33.6 ppm. (น้ำหนักสด) ความเข้มข้นในระดับนี้อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่นำไปบริโภคได้

มีคนที่เชื่อกันว่าการูดูดินอำนาจของจักรวรรดิโรมันมีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจากพิษของตะกั่วแบบเรื้อรัง (chronic lead poisoning) ทั้งนี้เป็นเพราะชนชั้นปกครองของโรมันดื่มน้ำที่จ่ายมาตามท่อที่ทำด้วยตะกั่ว การแท้งลูกบ่อยครั้งที่เกิดขึ้นกับสตรีซึ่งเป็นภรรยาของชนชั้นปกครองก็เป็นเหตุการณ์หนึ่งซึ่งเชื่อกันว่าเกิดมาจากพิษของตะกั่วแบบเรื้อรัง (Gilfillan, 1965)

เมื่อตะกั่วเข้าสู่ร่างกายของคนเรานั้น ส่วนใหญ่จะถูกสะสมไว้ในเนื้อเยื่อโครงสร้างเช่น เส้นผมและกระดูก ทั้งนี้เป็นเพราะตะกั่วนั้นมีลักษณะคล้ายแคลเซียม ตารางที่ 5.4 ได้แสดงระดับของตะกั่วในเส้นผมของคนกลุ่มต่าง ๆ เมื่อพิจารณาจะพบว่า คนที่อาศัยอยู่ในชนบทจะมีระดับตะกั่วในเส้นผมต่ำกว่าคนที่อาศัยอยู่ในเมือง (กรุงเทพฯ) อย่างเห็นได้ชัด ปริมาณตะกั่วในเส้นผมที่สูงตั้งแต่ 30 ไมโครกรัม/กรัมขึ้นไปนั้น เป็นที่ยอมรับกันว่าเป็นปริมาณขั้นต้นที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

ในสภาวะปกติตะกั่วเข้าสู่ร่างกายคนได้สองทาง คือ ทางอาหาร และทางลมหายใจ อาหารในแต่ละวันมีตะกั่วเจือปนอยู่โดยเฉลี่ย 300 ไมโครกรัม แล้วยอด 5 หรือ 15 ไมโครกรัม จะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย ส่วนที่เหลือถูกถ่ายออกมาที่อุจจาระ ในอากาศที่เราหายใจเข้าไปนั้นมีตะกั่วอยู่ในระดับที่ไม่แน่นอนแล้วแต่สถานที่ สมมติว่าถ้าในอากาศมีตะกั่วอยู่ 1.5 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร แต่ละคนก็จะสูดตะกั่วเข้าไปวันละ 30 ไมโครกรัม แต่การดูดซึมเข้าสู่ร่างกายทางลมหายใจนั้นสูงกว่าทางเดินอาหารมาก คือประมาณร้อยละ 40 ฉะนั้นตะกั่วประมาณ 12 ไมโครกรัมจะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายทางลมหายใจ แสดงว่าจำนวนตะกั่วที่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายทั้งสองทางมีค่าใกล้เคียงกัน ที่กล่าวมาแล้วเป็นตัวอย่างของการเจือปนของตะกั่วในคนธรรมดา สำหรับคนที่ทำงานในโรงงานซึ่งใกล้ชิดกับตะกั่ว ก็อาจมีโอกาสได้รับตะกั่วเข้าสู่ร่างกายมากกว่าคนธรรมดา นอกจากนี้การเจือปนซึ่งเกิดขึ้นโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ก็เกิดขึ้นได้โดยเฉพาะในเด็ก เด็กที่มีอายุระหว่าง 6 เดือน ถึง 2 ขวบ มักมีอุปนิสัยที่ชอบหยิบของต่าง ๆ ที่ไม่ใช่อาหารเข้าปาก อุปนิสัยเช่นนี้เรียกว่า "pica" มักจะเกิดกับเด็กที่ขาดธาตุเหล็ก ถ้าเข้าไปหยิบเอาเศษสีที่ลอกตามฝาผนังเข้าไปทานก็จะทำให้เกิดพิษจากตะกั่วได้ ทั้งนี้เป็นเพราะสีทาบ้านโดยทั่วไปใส่ตะกั่วไว้เป็นจำนวนมาก มีรายงานว่าเด็กในสหรัฐอเมริกาจำนวนปีละประมาณ 200,000 คน เกิดเป็นพิษจากตะกั่วเนื่องจากกินเศษสีทาบ้านเด็กเหล่านี้ส่วนใหญ่อยู่ในสลัม นอกจากเศษสีแล้วภาชนะที่ใช้ใส่อาหารและเครื่องคั้นที่ฉาบด้วยโลหะผสมก็อาจปลดปล่อยตะกั่วเข้าเจือปนในอาหารได้ด้วย

ตารางที่ 2.6 ระดับตะกั่วในเส้นผมของคนกลุ่มต่าง ๆ

กลุ่มคน	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย (microgram/g)	S.E.*
ชนบท กรุงเทพฯ :-	60	3.84	0.54
1. บุคคลธรรมดา	68	21.3	1.97
2. ตำรวจจราจร	18	31.1	3.86
3. คนงานโรงงานผลิตเครื่องไฟฟ้าสื่อสาร	19	56.9	8.79
4. คนงานโรงงานผลิตแบตเตอรี่รถยนต์	47	949	195
5. เด็กหมู่บ้านตะกั่วเป็นพิษ	34	498	67.1

* Standard Error

แหล่งที่มา : เปี่ยมศักดิ์ และคณะ (2523)

3. พิษของตะกั่ว

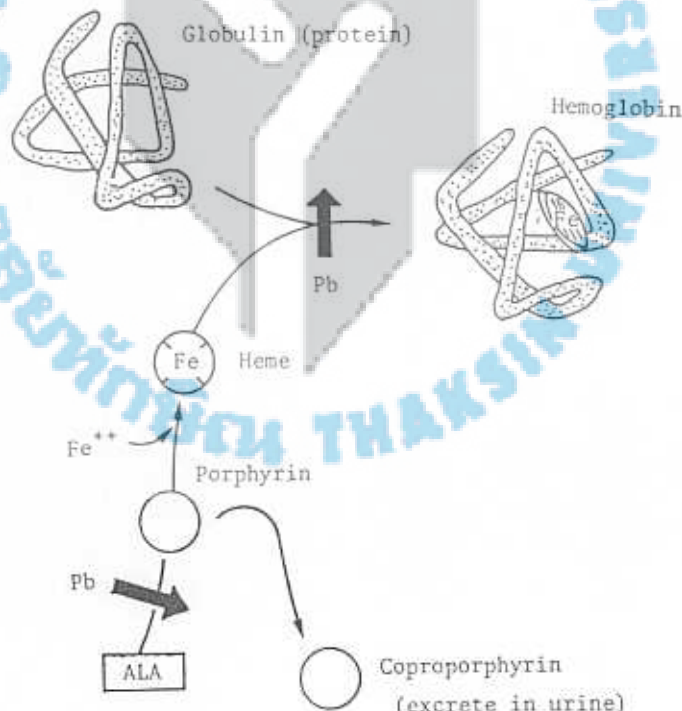
อาการเป็นพิษเนื่องจากตะกั่วแบบเฉียบพลันมีอยู่หลายแบบด้วยกัน เช่น อ่อนเพลีย คลื่นไส้ วิงเวียน การกระตุกของกล้ามเนื้อและอาการอื่น ๆ สำหรับพิษแบบเรื้อรังที่สำคัญได้แก่ โรคโลหิตจาง

โลหิตจางซึ่งเกิดจากการเจือปนของตะกั่วในร่างกายเกิดขึ้นได้เพราะตะกั่วขัดขวางการสร้าง hemoglobin ของเม็ดเลือดแดง hemoglobin ประกอบด้วยส่วนใหญ่น้อย ๆ 2 ส่วนด้วยกันคือ "globulin protein" และหน่วยที่บรรจุเหล็กอยู่ซึ่งเรียกว่า "heme" heme นี้ถูกสังเคราะห์โดยปฏิกิริยาทางชีวเคมี ALA-dehydrase ซึ่งเป็นนำย่อยเมื่อทำปฏิกิริยากับ amino acid ชนิดหนึ่งชื่อ ALA จะทำให้เกิด porphyrin ซึ่งต่อมาเหล็กจะถูกเติมเข้าไปติดใน porphyrin ทำให้เกิด heme ต่อมาเมื่อ heme รวมตัวกับ globulin protein จึงทำให้เกิด hemoglobin ขึ้น ตะกั่วขัดขวางการสร้าง hemoglobin สองจุดด้วยกัน คือ จุดแรกขัดขวางการทำงานของ ALA-dehydrase ฉะนั้น porphyrin จึงถูกผลิตขึ้นมาได้น้อยมาก จุดที่สองนั้นตะกั่วขัดขวางการรวมตัวระหว่าง globulin protein กับ heme ด้วยเหตุนี้เองที่ทำให้เกิดโรคโลหิตจาง (ดูรูปที่ 2.7)

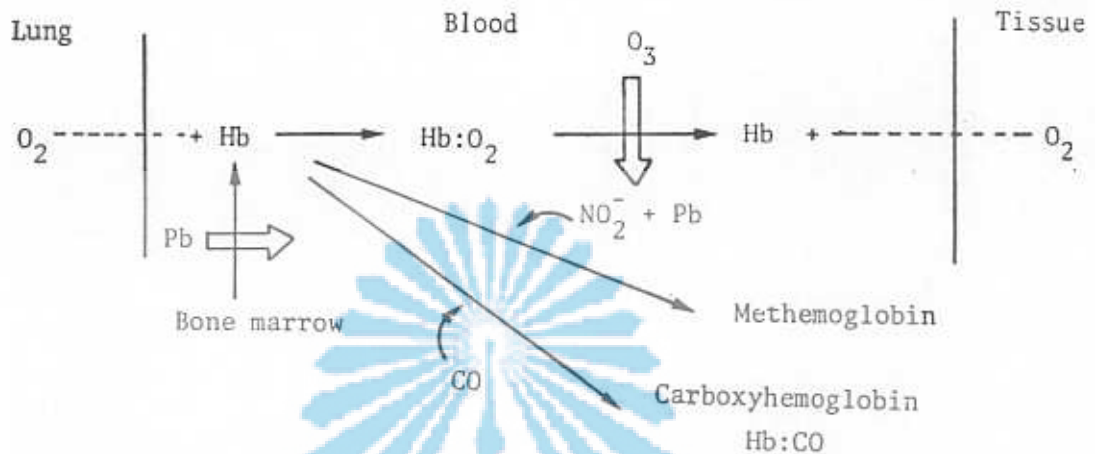
ปฏิกิริยาการขัดขวางของตะกั่วดังกล่าวข้างต้นนั้นเกิดขึ้นกับเม็ดโลหิตแดงที่ถูกผลิตขึ้นใหม่ ๆ ใน bone marrow นอกจากนี้ตะกั่วยังสามารถขัดขวางการทำงานของ hemoglobin ที่มีอายุแล้วได้อีกด้วย โดยปกติแล้ว hemoglobin เมื่อมีอายุมากขึ้นจะถูกเปลี่ยนเป็น methemoglobin ซึ่งมีความสามารถนำพาออกซิเจนได้น้อยลง เม็ดเลือดแดงโดยทั่วไปมีอายุประมาณ 4 เดือน พอมีอายุใกล้ 4 เดือน hemoglobin ก็จะถูกเปลี่ยนเป็น methemoglobin ตะกั่วทำให้การเปลี่ยนจาก hemoglobin เป็น methemoglobin ได้เร็วขึ้น และนอกจากนั้นยังสามารถเร่ง

การทำงานของม้ามและตับในการกำจัดเม็ดเลือดแดง ปฏิกิริยาทั้งหมดนี้เป็นตัวการที่ทำให้เกิดโรคโลหิตจาง

นอกจากตะกั่วซึ่งเป็นตัวการที่ทำให้เลือดมีความสามารถในการนำพาออกซิเจนลดน้อยลงแล้ว ยังมีสารมลพิษอื่น ๆ อีกหลายตัวที่สามารถให้ผลกระทบต่อเลือดคล้าย ๆ กัน สารมลพิษเหล่านี้ได้แก่ carbon monoxide (CO), ozone (O_3), nitrate (NO_3) ควันเครื่องยนต์ CO ออกจากท่อไอเสียมาสู่สิ่งแวดล้อม เมื่อ CO เข้าสู่ร่างกายสามารถรวมกับ hemoglobin ของเม็ดเลือดแดงได้แน่นแฟ้นกว่าที่ออกซิเจนสามารถทำได้ถึง 200 เท่า hemoglobin ที่รวมกับ CO จะไม่มีสมรรถนะในการนำออกซิเจนจากปอดมาสนองความต้องการของร่างกาย ozone (O_3) ซึ่งก็เป็นสารมลพิษที่ระเหยออกมาตามท่อไอเสียรถยนต์ เป็นตัวการที่ทำให้อัตราการจำหน่ายออกซิเจนของ hemoglobin ต่อเนื้อเยื่อเส้นเลือดฝอยช้าลง nitrate (NO_3) เป็นสารเคมีตัวสำคัญที่ประกอบอยู่ในปุ๋ย ในบางครั้งถ้ามีการใช้ปุ๋ยมากเกินไป NO_3 ส่วนเกินอาจซึมลงสู่น้ำบาดาลหรือไหลกลับมายังคลองระบายน้ำ ถ้าน้ำที่มี nitrate มากถูกนำไปใช้เลี้ยงทารกแล้วก็จะทำให้เกิดพิษได้ เพราะ nitrate เมื่ออยู่ในกระเพาะเด็กจะถูก reduce เปลี่ยนเป็น nitrite (NO_2) และถูกดูดซึมเข้าไปในโลหิต nitrite สามารถ oxidize เหล็กใน hemoglobin ซึ่งอยู่ในรูปของ Fe^{++} ให้เป็น Fe^{+++} hemoglobin ที่อยู่ในรูปของ Fe^{++} ไม่สามารถนำพาออกซิเจนได้ เท่าที่ได้กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ตะกั่วไม่ใช่สารมลพิษชนิดเดียวที่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบสืบโลหิตยังมีมลพิษอื่น ๆ อีกหลายชนิดที่สามารถให้ผลกระทบได้คล้าย ๆ กัน (รูปที่ 2.8) แต่เป็นที่น่าเสียดายอย่างยิ่งที่การศึกษาผลกระทบของสารมลพิษหลายชนิดแบบเพิ่มพูนในคน ๆ เดียวกัน (synergistic effect) ยังไม่ได้ถูกศึกษามากนัก



รูปที่ 2.7 แสดงการขัดขวางของตะกั่วในการสร้าง hemoglobin



รูปที่ 2.8 แสดงสารมลพิษต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบสูบฉีดโลหิต

นอกจากตะกั่วจะมีผลกระทบโดยตรงต่อร่างกายแล้ว ตะกั่วยังให้ผลกระทบในทางอ้อมได้ เช่น ทำให้ความต้านทานของร่างกายต่อโรคหลายชนิดลดลง เช่น ตะกั่วสามารถทำให้ร่างกายมีความสามารถในการต้านทานต่อโรคไข้ไทฟอยด์ได้น้อยลง Hemphill et al. (1971) ได้ทดลองกับหนู และพบว่าหนูที่ถูกตะกั่วเจือปนในร่างกายสูงกว่าปกติ มีความต้านทานต่อโรคไข้ไทฟอยด์ได้น้อยกว่าหนูที่ไม่ได้ถูกเจือปนถึง 5 เท่า

วิธีการรักษาที่ใช้อยู่ในปัจจุบันสำหรับผู้ที่ถูกตะกั่วเจือปนในร่างกายมากกว่าปกติ ได้แก่ การให้ยาจำพวก "chaelating agents" โมเลกุลของ chaelating agents เหล่านี้ มีความสามารถในการรวมตัวกับตะกั่ว และเมื่อรวมตัวกับตะกั่วแล้วก็จะถูกขับออกจากร่างกายทางไต แต่การเขย่าวาวิธีนี้อาจก่อให้เกิดผลกระทบอื่น ๆ ได้หลายประการ เช่น chaelating agents อาจไปทำปฏิกิริยากับกรดทุกตัวให้กระดุกปลดปล่อยตะกั่วเข้าสู่สายโลหิต นอกจากนี้ chaelating agents อาจไปรวมตัวเข้ากับธาตุอื่น ๆ ที่ร่างกายต้องการเช่น calcium และถูกขับออกจากร่างกาย วิธีการรักษาควรมีการวิจัยมากขึ้น เพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีที่ดีและเหมาะสมมากกว่านี้

2.2 สีย้อมผ้า

2.2.1 สีธรรมชาติ

สีธรรมชาติ หมายถึงสีที่ได้จากพืชหรือสัตว์ ใช้กับอาหาร เครื่องสำอาง หรือผลิตภัณฑ์บางชนิดเช่น ส้มทอ เป็นต้น สีธรรมชาติจากพืชที่คนไทยรู้จักกันดีได้แก่สีจากต้นคราม (indigo plant) ซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Indigofera tinctoria ส่วนสีธรรมชาติจากสัตว์ได้แก่สีจากตัวครั่ง (lac insect) ซึ่งเป็นแมลงชนิดหนึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Laccifer lacca สีธรรมชาติเคยมีบทบาทสำคัญยิ่ง โดยถูกนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างกว้างขวางทั่วโลกมาจนถึงช่วงปลายศตวรรษที่ 19 ต่อมาโลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั้งในระบบการปลูกพืช เลี้ยงสัตว์ วิธีการ

ค้าขาย การอนุรักษ์ธรรมชาติ ตลอดจนเทคโนโลยีต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตสินค้ารวมถึงการได้ค้นพบสีสังเคราะห์ที่มีความหลากหลายแล้วผลิตขึ้นใช้อย่างจริงจัง ๆ จึง ๆ และต่อเนื่อง เหล่านี้จึงทำให้สีธรรมชาติเริ่มเสื่อมความนิยมลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคของอุตสาหกรรมสิ่งทอ สีที่เคยมีความสำคัญ อาทิ สีครามได้สูญเสียดาลไปแทบจะโดยสิ้นเชิงในปี ค.ศ. 1900 (พ.ศ. 2443) คงเหลืออยู่เพียง 2-3 ชนิดที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวจริง ๆ เท่านั้น ขณะเดียวกันสีสังเคราะห์ได้เข้าแทนที่สีธรรมชาติทั้งในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องสำอางในเวลาต่อมา

การที่สีสังเคราะห์ได้รับความนิยมเหนือกว่าสีธรรมชาติ ก็ด้วยเหตุผลหลายประการ เช่น ราคาถูกกว่าปริมาณการผลิตแน่นอน มีคุณภาพพิเศษและสม่ำเสมอ สีไม่ตก (ในกรณีที่เป็นสีย้อมผ้า) และไม่จางง่าย (เมื่อใช้กับอาหาร) กล่าวกันว่าความต้องการใช้สีสังเคราะห์ของวงการอุตสาหกรรมสิ่งทอนั้นจะไม่มีวันเปลี่ยนแปลงด้วยคุณสมบัติที่เหมาะสมต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น แต่ในขณะเดียวกัน ค่ายอุตสาหกรรมอาหารเริ่มมีแนวโน้มที่จะหันกลับมาต้องการใช้สีธรรมชาติเหมือนดังสมัยก่อน ความเปลี่ยนแปลงนี้ ว่าที่จริงแล้วมิได้เกิดจากฝ่ายผู้ผลิต แต่เป็นความต้องการของผู้บริโภคในประเทศที่เจริญแล้วซึ่งคำนึงถึงเรื่องสุขภาพและความปลอดภัยในการรับประทานอาหารที่ปราศจากสารสังเคราะห์ถือเป็นสำคัญ จึงนับว่าเป็นโอกาสดีสำหรับวงการผู้ผลิตสีธรรมชาติที่จะได้กลับมาจับบทบาทสำคัญในตลาดโลกอีกครั้งหนึ่ง /

สีโคชินีล (Cochineal)

โคชินีล เป็นสีธรรมชาติ ใช้ผสมอาหารและเครื่องสำอาง และนำไปใช้ย้อมผ้าในปริมาณไม่มากนักสีโคชินีล ได้จากแมลงโคชินีลตัวเมียที่กำลังมีไข่ แมลงโคชินีลนี้เป็นเพลี้ยหอย (scale insect) ชนิดหนึ่งที่มีขนปูสีขาวปกคลุมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Dactylopius coccus* Costa (มีชื่อพ้องคือ *Coccus cacti* L. และ *C. cacti coccinellifera*) เป็นแมลงพื้นเมืองของเม็กซิโกอเมริกากลางและประเทแถบเทือกเขาแอนดีสตะวันตกของอเมริกาใต้ สารสีที่สำคัญของโคชินีลคือกรดคาร์มินิก (carminic acid) ซึ่งสกัดจากตัวแมลง กรดนี้ละลายน้ำได้แค่สีจะเปลี่ยนแปลงได้ตามความเป็นกรดเป็นด่าง กล่าวคือถ้าตัวทำละลายมีฤทธิ์เป็นกรดก็จะได้สีส้มและสีจะเปลี่ยนจากม่วงเป็นแดงถ้าหาก pH สูงขึ้นจาก 5 เป็น 7 กรดคาร์มินิกมีคุณสมบัติคงทนต่อความร้อน แสง และออกซิเจน เมื่อทำปฏิกิริยากับเกลืออะลูมิเนียม กรดคาร์มินิกจะให้สีอะลูมิเนียมที่ละลายได้ เรียกว่า สีคาร์มิน (carmine) สีคาร์มินทนต่อความร้อนแสง และออกซิเจนเช่นเดียวกัน และจะให้สีน้ำเงินถึงสีแดงในสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นด่าง เมื่อ pH ลดลงสีน้ำเงินก็จะจางลงด้วยสุดท้ายการทำให้สีคาร์มินตกตะกอนด้วยเกลือดีบุกจะได้สีเลือดหมูสด ซึ่งเป็นสีย้อมผ้าที่เคยมีความสำคัญมาก่อนในอดีต การใช้ประโยชน์กรดคาร์มินิกและสีคาร์มินในทุกวันนี้ ส่วนใหญ่ไม่ได้ใช้ย้อมผ้า สีคาร์มินใช้มากในเครื่องสำอาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ใช้ใกล้กับบริเวณดวงตา กรดคาร์มินิกกับสีอะลูมิเนียมคาร์มินนี้เป็นที่ยอมรับและใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหารที่อเมริกาเหนือและยุโรปตะวันตก ส่วนที่ญี่ปุ่นจะนิยมใช้เฉพาะกรดคาร์มินิกมากกว่า

1. การเลี้ยงแมลงโคชินีลเพื่อผลิตสี

แหล่งพักอาศัยและดำรงชีวิตที่สำคัญของแมลงโคชินีลคือต้นตะบองเพชรสกุลหนึ่ง ที่เรียกกันว่าพริกสี แพร่ (prickly pear) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Opuntia* spp. และชนิดที่นิยมใช้ปลูกเพื่อเลี้ยงแมลงโคชินีลเป็นการค้าได้แก่ *Opuntia ficusindica* พริกสี แพร่ มีถิ่นกำเนิดบนที่ดอนในเขตแห้งแล้งของประเทศเม็กซิโก และสหรัฐอเมริกาแถบตะวันตกเฉียงใต้ เป็นพืชที่ต้องการอากาศร้อน แสงแดดจัด มีปริมาณฝนเฉลี่ยตลอดปีอยู่ระหว่าง 300-400 มม. มีฤดูหนาวที่ไม่รุนแรงและอากาศแห้งความต้องการพื้นฐานดังกล่าวนี้ จึงทำให้พริกสี แพร่เป็นพืชที่เหมาะสมจะใช้ปลูกเป็นการค้าในหลายพื้นที่ทั่วโลก ปัจจุบันประเทศที่เป็นผู้นำในการผลิตสีโคชินีลคือ เปรู ซึ่งผลิตได้มากกว่า 90% ของผลผลิตโลก ส่วนประเทศอื่น ๆ ได้แก่ เกาหลีและประเทศแถบอเมริกากลางและใต้ การปลูกพริกสี แพร่ เพื่อผลิตโคชินีล เริ่มจากการรวบรวมตัวอ่อนของแมลง *Dactylopius coccus* นำมาปล่อยบนตะบองเพชรที่ปลูกไว้ หากสภาพทุกอย่างเหมาะสม ในเวลา 1 ปี จะสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ถึง 4 ครั้ง โดยเก็บเกี่ยวแมลงตัวเมียในระยะมีไข่ นำมาทำให้แห้งโดยใช้เทคนิคต่าง ๆ กันไป ผลผลิตที่ส่งออกในสมัยก่อนคือตัวแมลงโคชินีลแห้งดังกล่าวนี้ ต่อมาจึงได้มีการตั้งอุตสาหกรรมสกัดขึ้น จนถึงทุกวันนี้ ผลผลิต 50% จากประเทศเปรูจะถูกสกัดเป็นคาร์มินเสียก่อนจึงส่งออก

2. ความต้องการของตลาดโลก และแนวโน้มในการผลิต

มีการใช้สีโคชินีลกับสิ่งทอและภาพวาดต่าง ๆ ที่ประเทศเม็กซิโกและเปรูมาเกือบ 3,000 ปี แล้วความเป็นไปได้ในเชิงการค้าขึ้นเป็นที่ทราบกันดีในหมู่คนสเปนซึ่งมาครอบครองอาณาจักรแอซเท็ค (Aztec) ของเม็กซิโก โคชินีลได้ถูกนำไปยังยุโรปตั้งแต่ต้นศตวรรษที่ 16 และกลายเป็นสินค้าที่รู้จักแพร่หลายในเวลาต่อมา คนสเปนเคยสนับสนุนให้มีการเลี้ยงแมลงโคชินีลอย่างจริงจังในอเมริกาเมื่อครั้งที่เริ่มไปตั้งถิ่นฐานใหม่ อุตสาหกรรมนี้ได้เจริญก้าวหน้ามาเป็นลำดับในบางประเทศ เช่น กัวเตมาลา เป็นต้น จากนั้นราวต้นศตวรรษที่ 19 ได้นำไปเผยแพร่อย่างกว้างขวางในแถบโลกเก่า ผลผลิตและการซื้อขายช่วงที่สูงสุดจำนวนหลายพันตันต่อปี อยู่ระหว่างกลางศตวรรษที่ 19 โดยมีแหล่งผลิตที่สำคัญคือเม็กซิโก กัวเตมาลา ฮาอิดิซวา และเกาหลี ในปี ค.ศ. 1875 (พ.ศ. 2418) เกาหลีส่งโคชินีลเป็นสินค้าออกถึง 3,000 ตัน ดังได้กล่าวแต่ต้นแล้วว่า การพัฒนาสีสังเคราะห์ขึ้นในช่วงหลัง ๆ ของศตวรรษที่ 19 เป็นเหตุให้ความต้องการสีโคชินีลในอุตสาหกรรมสิ่งทอลดลงเป็นลำดับ อย่างไรก็ตาม สีโคชินีลก็ยังติดตลาดอยู่ได้นานกว่าสีธรรมชาติชนิดใด ๆ ตัวอย่างเช่น ยังใช้ย้อมเสื้อยูนิฟอร์มสีแดงสดอมส้ม (สี scarlet) ของทหารรักษาพระราชวังที่ประเทศอังกฤษอยู่จนถึงกลางปี ค.ศ. 1950 (พ.ศ. 2493) มาถึงยุคปัจจุบัน การใช้ประโยชน์ของสีโคชินีลที่สำคัญ ก็คือใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และอาหาร โดยมียุโรปตะวันตก (โดยเฉพาะอย่างยิ่งฝรั่งเศสและอังกฤษ) สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่นและอาร์เจนตินา เป็นตลาดหลัก ความต้องการรวมในปี ค.ศ. 1995 (พ.ศ.2538) ของโคชินีลมีมากกว่าปีละ 300 ตัน โดยมีเปรูเป็นผู้ส่ง

ออกรายใหญ่มาเป็นเวลาหลายสิบปีคือ ส่งออกมากกว่า 90% ของความต้องการของโลกดังกล่าวแล้ว ส่วนที่เหลือก็คือเกาะลันารี่ซึ่งขึ้นลงอยู่ระหว่างตั้งแต่ 10-30 ตันต่อปี

สำหรับเรื่องราคา โคชินีลจากประเทศเปรูเคยมีคาราพุ่งขึ้นสูงสุดถึงประมาณ กก. ละ 100 เหรียญสหรัฐ (ราคา FOB) ในบางปีระหว่างต้น ค.ศ. 1980 (พ.ศ. 2523) ทั้งนี้ด้วยสาเหตุปัจจัยหลายประการที่สำคัญก็คือ เนื่องจากผลผลิตส่วนใหญ่ของประเทศเปรูได้จากการเก็บเกี่ยวตัวแมลงเอจากแหล่งธรรมชาติบริเวณที่เรียกว่า อายากูโช (Ayacucho) ซึ่งมีต้นคะบองเพชรป่าขึ้นอยู่ประมาณ 218,750 ไร่ แล้วบริเวณแถบนี้เกิดมีปัญหาระง่อนการร้ายขึ้นจึงทำให้ปริมาณที่ผลิตได้ลดลง ราคาจึงสูงอย่างผิดปกติดังกล่าว การปลูกคะบองเพชรเพื่อใช้เลี้ยงแมลงโคชินีลเป็นการค้าเริ่มมีขึ้นตั้งแต่กลาง ๆ ของคริสต์ศักราช 1980 ต่อมาเมื่อความสามารถในการผลิตเพิ่มขึ้น ราคาโคชินีลจึงเริ่มลดลง อย่างเช่นเมื่อไม่นานมานี้ราคาโคชินีลลดลงจากกก. ละ 50 เหรียญเป็น 17 เหรียญ และราคาคาร์มีนจาก 250 เหรียญเหลือเพียง 100 เหรียญเท่านั้น ปริมาณการใช้สีโคชินีลและคาร์มีนในตลาดที่สำคัญ ๆ นั้นเพิ่มขึ้นตามความสามารถในการผลิต (หมายความว่าผลิตได้เท่าไรก็ใช้หมด) ราคาที่ไม่ขึ้นลงอย่างฮวบฮาบและแนวโน้มที่ผู้คนหันมานิยมใช้สีธรรมชาติกันมากขึ้น จริงอยู่แม้ว่าคู่แข่งและความเป็นไปได้ที่จะขยายการผลิตของตลาดท้องถิ่นนั้นจะยังคงไม่สดใสมั่นคงเท่าไรนัก แต่ความต้องการของตลาดโลกนั้น ยังมีอยู่แน่นอนหากการผลิตไม่ขยายตัวรวดเร็วจนเกินไป

2.2.2 การย้อม (Dyeing)

เมื่อได้นำเส้นใย ไปผลิตจนเป็นผืนผ้าที่มีสมบัติครบถ้วนเหมาะสมแก่การนำไปใช้ประโยชน์ได้ ความสวยงามก็เป็นสมบัติอีกประการหนึ่งที่ผู้ใช้ประโยชน์จากผ้าต้องการ ในการผลิตผ้าจึงมีกระบวนการย้อมและพิมพ์ เพื่อให้ผ้ามีสีและลวดลายหลากหลายออกไป การย้อมและการพิมพ์ผ้าจัดเป็นงานที่ต้องอาศัยทั้งศิลปะและเทคโนโลยี บทนี้จะให้ความรู้เกี่ยวกับการมองเห็นสี สารให้สี การย้อมและการทำลวดลายผ้าในขอบเขตพื้นฐานเบื้องต้น

I. การมองเห็นสี

การที่ดวงตาของมนุษย์สามารถมองเห็นสารหรือวัตถุใด ๆ มีสีได้นั้นเป็นเพราะมีแสงไปกระทบที่วัตถุนั้น แล้วมีการสะท้อนคลื่นแสงมายังดวงตา แสงจะผ่านเยื่อหุ้มตา (cornea) ม่านตา (Iris) และเลนส์ตาไปยังเรตินา (Retina) ซึ่งอยู่ด้านหลังของดวงตา ที่เรตินามีเซลล์อยู่มากมายซึ่งมีปลายเส้นประสาทมาต่อเลี้ยงเซลล์เมื่อได้รับแสงจะส่งกระแสประสาทไปรวมกันที่เส้นประสาทตา (Optic nerve) ซึ่งต่อเนื่องไปยังสมองส่วนที่จะแปลกระแสประสาทเป็นภาพเป็นสีและทำให้เกิดการรับรู้ในความหมายนั้น ๆ

สำหรับการมองเห็นวัตถุเป็นสีอะไรได้นั้นเป็นปรากฏการณ์อันเนื่องมาจากสมบัติของแสงและสมบัติของวัตถุที่ให้สี (Trotman, 1984 : 254-255.) นักฟิสิกส์ได้ศึกษาพบว่าแสงเป็นพลังงานในรูปการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic radiation) พลังงานแสงจะ

เคลื่อนที่ในลักษณะเป็นช่วงคลื่นที่เรียกว่า Quantum การเคลื่อนที่ของแสงทุกช่วงคลื่นจะมีความเร็ว 3×10^{10} ซม. วินาที⁻¹ หรือ 186,000 ไมล์ ชั่วโมง⁻¹ แสงในจักรวาลมีหลายรูปแบบจะแตกต่างกันในขนาดของพลังงานและความยาวคลื่น

10^{-1} nm	10^3 nm	1 nm	10 nm	400-700 nm	2500 nm	0.3 nm	30 cm	30 m
COSMIC RAYS	GAMMA RAYS	X RAYS	ULTRA VIOLET	VISIBLE LIGHT	INFRA RED	MICRO WAVES	T.V.	RADIO

แสงชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีความยาวคลื่นต่างกัน

$$\text{nm} = \text{nanometer} : \text{nm} = 10^9 \text{ m}$$

แมกซ์ พลังค์ (Max Planck) ให้ข้อสรุปว่า แสงที่มีช่วงคลื่นยาวจะมีพลังงานน้อย ขณะที่แสงที่มีช่วงคลื่นสั้นจะมีพลังงานมาก สำหรับแสงที่ตามองเห็นได้ (Visible light) จะเป็นแสงสีขาวที่มีช่วงความยาวคลื่น 400-700 nanometer เมื่อให้แสงสีขาวผ่านแก้วปริซึมแสงจะแยกออกเป็นแสงที่มีสี (Spectrum) เรียงลำดับกันจากสีม่วง น้ำเงิน เขียว เหลือง ส้ม แดง แสงสเปกตรัมจะแยกเป็นแสงสีอื่นไม่ได้ แต่ถ้ารวมกันก็จะเป็นแสงสีขาว แสงแต่ละสีจะมีความยาวของช่วงคลื่นต่างกันตามลำดับคือ

แสงสี	ความยาวคลื่น (nm)
ม่วง (Violet)	400
น้ำเงิน (Blue)	450
เขียว (Green)	500
เหลือง (Yellow)	600
ส้ม (Orange)	650
แดง (Red)	700

มนุษย์สามารถมองเห็นสิ่งต่าง ๆ เป็นสีอะไรก็ได้ เพราะแสงที่ตามองเห็นได้จะตกกระทบสิ่งนั้น สารที่ทำให้เกิดสีในสิ่งนั้นจะดูดกลืนแสงบางช่วงคลื่นไว้ และสะท้อนบางช่วงคลื่นมากระทบเรตินา ซึ่งจะส่งกระแสประสาทพร้อมรับรู้แสงในช่วงคลื่นนั้นไปยังสมอง จึงทำให้เรารู้ว่าเป็นสีอะไร ถ้าวัตถุนั้นสะท้อนแสงทุกช่วงคลื่นก็จะทำให้เรามองเห็นวัตถุนั้นเป็นขาว แต่ถ้าวัตถุนั้นดูดกลืนแสงทุกช่วงคลื่นไว้ก็จะเห็นวัตถุนั้นเป็นสีดำ ดังนั้นสารให้สี (colorants) ที่มีสีต่าง ๆ กัน เพราะสีแต่ละชนิดเป็นสารที่มีสมบัติดูดกลืนแสงที่มีสีหรือแสงในช่วงคลื่นหนึ่งแล้วสะท้อนแสงให้เห็นเป็นสีอะไรซึ่งสรุปได้ดังตาราง

สารที่ให้สีที่ดูดแสงสี	ความยาวคลื่น (nm)	จะทำให้เรามองเห็นเป็นสี
เหนือม่วง (Ultra violet)	น้อยกว่า 400	ไม่มีสี
ม่วง (Violet)	400	เหลือง
น้ำเงิน (Blue)	450	ส้ม

สารที่ให้สีที่ดูดแสงสี	ความยาวคลื่น (nm)	จะทำให้ตามองเห็นเป็นสี
เขียว (Green)	500	แดง (Bluish red)
เหลือง (Yellow)	600	ม่วง
ส้ม (Orange)	650	น้ำเงิน
แดง (Red)	700	เขียว (Blue green)

2. สารให้สี (Colorants)

สารให้สี สำหรับสิ่งทอ คือ สีย้อม (Dyestuffs) และพิกเมนต์ (Pigment)

สีย้อม คือ สารให้สีที่ละลายน้ำได้ หรือบางชนิดที่ละลายไม่ได้ในขณะที่ยังไม่นำไปย้อม แต่เมื่อนำไปย้อมโมเลกุลของสีย้อมจะซึมผ่านเข้าไปในเส้นใยด้วยวิธีการใด ๆ ก็ตาม และยึดติดกับโมเลกุลเส้นใยในลักษณะต่าง ๆ ได้

สีพิกเมนต์ คือ สารให้สีที่ไม่ละลายน้ำอยู่ในสภาพที่เป็นอนุภาคเล็ก ๆ เหมาะกับการใช้พิมพ์ผ้าโดยผสมกับสารช่วยให้สีพิกเมนต์ยึดติดกับผ้า

สารให้สีทำให้เห็นเป็นสีได้อย่างไรนั้นอธิบายได้ว่า (Giles, 1974:29-30) สารดังกล่าวเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลที่สำคัญที่ทำให้เกิดสีได้คือ โครโมฟอร์ (Chromophore) และ ออกโซโครม (Auxochrome)

โครโมฟอร์มีโครงสร้างที่ไม่อิ่มตัวได้แก่ หมู่อะโซ (Azo group -N=N-) หมู่อะโซซี (Azoxy group -N=N-) หมู่ไนโตรโซ (Nitroso -N=O) หมู่ควินอยด์ (Quinoid)

หมู่โครโมฟอร์แต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติดูดแสงบางช่วงคลื่นไว้และสะท้อนแสงบางช่วงคลื่นกลับ

ออกโซโครม เป็นหมู่ธาตุที่มีพันธะต่อเนื่องกับโครโมฟอร์ จะเป็นส่วนที่เพิ่มความเข้มของสีให้มากขึ้นได้แก่ หมู่คาร์บอนิล (-CO-) หมู่อะมีน (Amines: NH_2 , -NHCH_3 หรือ $\text{N(CH}_3)_3$) หมู่อะลคอกซี (Alkoxy: $\text{-OC}_2\text{H}_5$, -OCH_3) หมู่ไฮดรอกซี (Hydroxy: -OH) หมู่ซัลโฟเนต (Sulfonates: $\text{-SO}_3\text{H}$, $\text{-SO}_3\text{Na}^+$)

นอกจากนี้ในโมเลกุลของสีที่มีหมู่ธาตุ Solubilizer ยึดจับกับโครโมฟอร์ จะทำหน้าที่ช่วยให้สีละลายน้ำได้ หมู่ธาตุเหล่านี้ได้แก่ -SO_3^- , -Na^+ , -NH_2^+ , HCl^- , -OH , $\text{-NH}_2\text{SO}_2^-$, -O^- , Na^+ , X^- , -NH_2 .

1.) สีย้อม (Dyes)

สารที่จะเป็นสีย้อมที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติต่อไปนี้

1. มีความเข้มของสี เมื่อใช้ในปริมาณน้อยก็ให้สีที่เข้มได้

2. ละลายน้ำได้เพื่อจะย้อมได้ง่าย อาจละลายในน้ำทันที หรือละลายในปฏิกิริยาเคมีขณะย้อม
3. ดูดซับเข้าไปในเส้นใยได้ดีและดูติดกับเส้นใย (Substantivity) ด้วยพันธะทางเคมีแบบต่าง ๆ
4. มีความติดทน (Fastness) เมื่อดูติดกับเส้นใยแล้วจะต้องติดทน ไม่ลอกหรือซีด (Fade) ได้ง่าย เมื่อซักน้ำ ซักแห้ง ถูกแดด เหงื่อ การขัดสี ครั้นหรือแก๊สเป็นต้น

สีย้อมมีหลายประเภทจะมีสมบัติย้อมติดเฉพาะชนิดเส้นใยซึ่งสรุปไว้ในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 แสดงชนิดสีย้อมที่ย้อมติดเส้นใยชนิดต่าง ๆ

ชนิดสีย้อม	ชนิดเส้นใย					
	เซลลูโลส	โปรตีน	อะซิเตท	โพลีเอสเตอร์	ไนลอน	อะคริลิก
สีไครเรค	✓	-	-	-	-	-
สีเบสิค	-	✓	-	-	✓	✓
สีกรด	-	✓	-	-	✓	✓
สีกำมะถัน	✓	-	-	-	-	-
สีรีแอคทีฟ	✓	✓	-	-	-	-
สีอะโซอิก	✓	-	✓	-	✓	-
สีวอต	✓	-	✓	-	-	-
สีดิสเพิร์ส	-	-	✓	✓	✓	✓
สีเมคัลคคอมเพลกซ์	-	✓	-	-	✓	-
สีเมอร์แคนท์	-	✓	-	-	-	-

ก. สีไครเรค (Direct dyes)

สีไครเรคละลายน้ำได้ดี นิยมใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลส สีจะติดเส้นใยได้โดย

โมเลกุลของสีจะจัดเรียงตัวแทรกอยู่ในระหว่างโมเลกุลเส้นใย และยึดจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจนสีไม่ทนต่อการซักน้ำ ตกง่าย ทนแสง เหงื่อ ไขมัน แก๊สต่าง ๆ ได้ดี

ข. สีเบสิค (Basic dyes)

สีชนิดนี้ใช้ย้อมเส้นใยโปรตีน ไนลอนและไฮอะคริลิกได้ดี ในขณะที่ย้อม

โมเลกุลของสีส่วนที่มีประจุบวกจะยึดจับกับโมเลกุลของเส้นใย เป็นสีที่ติดทน ไม่ควรใช้ย้อมเส้นใยธรรมชาติเพราะจะไม่ทนการซักและแสง

ค. สีกรด (Acid dyes)

เป็นสีที่ใช้ย้อมเส้นใยโปรตีน ไนลอนและอะคริลิกได้ดี ในขณะที่ย้อมโมเลกุลของสีส่วนที่มีประจุลบจะยึดจับกับโมเลกุลเส้นใย พันธะที่เกิดขึ้นเป็นพันธะไอออนิก การย้อมสีบางชนิดจะต้องใช้สารช่วยติด (Mordant) สีกรดไม่ทนการซัก, เหงื่อ

ง. สีกำมะถัน (Sulfur dyes)

สีกำมะถันไม่ละลายน้ำ เมื่อจะย้อมจะต้องรีดิวซ์สีให้โมเลกุลอยู่ในสภาพที่ละลายน้ำได้ แต่สีกำมะถันบางชนิดที่ผลิตออกจำหน่ายในรูปที่ถูกรีดิวซ์แล้วละลายน้ำได้ สีกำมะถันย้อมผ้าได้ผลดี สีที่ติดทนคือ สีดำ น้ำตาล น้ำเงิน เป็นสีที่มีราคาถูก แต่สีอ่อนไม่ทนต่อการซักสีกำมะถันจะไม่ทนสารฟอกขาวที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ

จ. สีรีแอคทีฟ (Reactive dyes)

สีรีแอคทีฟเป็นสีที่ใช้ย้อมใยเซลลูโลสได้ดี โมเลกุลของสีจะยึดจับกับหมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสด้วยพันธะโควาเลนต์ในสภาพน้ำย้อมที่เป็นด่าง สีรีแอคทีฟมี 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ย้อมติดที่อุณหภูมิสูง $70^{\circ} - 75^{\circ}\text{C}$ และกลุ่มที่ย้อมติดที่อุณหภูมิปรกติ สีรีแอคทีฟให้สีที่สดใสทุกสีติดทนในทุกสภาพ ยกเว้นสารฟอกขาวจำพวกคลอรีน และเหงื่อที่มีความเป็นด่าง

ฉ. สีอะโซอิก หรือดีนแนฟทอล (Azotic or Naphthol dyes)

สีอะโซอิกหรือดีนแนฟทอลเป็นสีที่ต้องย้อมด้วยกระบวนการทำให้รวมตัวเป็นสี (Coupling) โดยการย้อมผ้าด้วยสารแนฟทอลก่อนแล้วย้อมทับด้วยสารไดอะโซคอมโปเนนท์ จึงเกิดเป็นสี สีอะโซอิกใช้ย้อมเส้นใยได้ทั้งเซลลูโลส ไนลอน หรืออะซิเตท สีอะโซอิกให้สีเข้มได้สีเช่น สีส้ม ม่วง แดง น้ำเงิน น้ำตาล ทนการซัก แต่ไม่ทนการขจัด

ช. สีวัต (Vat dyes)

สีวัตเป็นสีไม่ละลายน้ำ เมื่อจะย้อมจะต้องเตรียมน้ำย้อมให้สีวัตละลายน้ำได้ โดยให้ทำปฏิกิริยากับสารรีดิวซ์และโซดาไฟ สีวัตจะถูกรีดิวซ์สลายเป็นเกลือสีที่ละลายน้ำได้ จึงซึมเข้าไปในเส้นใยได้ เมื่อนำผ้าขึ้นคั่งในอากาศ สีในเส้นใยจะถูกออกซิไดส์เป็นสีวัตสภาพเดิมซึ่งไม่ละลายน้ำ และยึดติดอยู่ภายในเส้นใย สีวัตเป็นสีที่มีคุณสมบัติติดทนในแสงและน้ำสูงที่สุดใช้ย้อมได้ดีกับเส้นใยเซลลูโลส และบางสีใช้ย้อมใยโปรตีนได้

ซ. สีดิสเพิร์ส (Disperse or Acetate dyes)

สีดิสเพิร์สเป็นสีที่ไม่ละลายน้ำแต่ละมีคุณสมบัติกระจายตัวได้ดี ซึ่งจะ
สามารถใช้ย้อมใยอะซิเตท เส้นใยโพลีเอสเตอร์ ไนลอน และอะคริลิกได้ดี การย้อมจะใช้สารพา (carrier) เพื่อช่วยเร่งอัตราการดูดซึมของสีเข้าไปในเส้นใย หรือย้อมโดยใช้อุณหภูมิ และความดันสูง สีดิสเพิร์ส เป็นสีที่มีความทนแสงและการซักฟอกค่อนข้างดี แต่สีจะซีดถ้าถูกคว้นหรือแก๊สบางชนิด เช่น แก๊สไนตรัสออกไซด์

ฅ. สีมอร์แดนท์และสีเมทัลคอมเพลกซ์ (Mordant and Metal complex dyes)

สีมอร์แดนท์ คือสีย้อมที่ต้องใช้สารช่วยติด (Mordant) เข้าไปช่วยให้เกิดการติดสีบนเส้นใย สารช่วยติดที่ใช้คือ สารประกอบออกไซด์ของโลหะโครเมียม คอปเปอร์ เหล็ก อะลูมิเนียม สีเมทัลคอมเพลกซ์ เป็นสีที่มีโมเลกุลใหญ่ เกิดจากสีมอร์แดนท์หลายโมเลกุลจับกับโลหะแล้วละลายน้ำได้จึงมีผลทำให้ย้อมได้ง่าย ทั้งสีมอร์แดนท์ และสีเมทัลคอมเพลกซ์ใช้สำหรับย้อมเส้นใยโปรตีนและใยโพลีเอไมด์ได้

2.) พิกเมนต์ (Pigment)

สีพิกเมนต์ เป็นสารประกอบเคมีที่ให้สีที่ไม่ละลายน้ำ มีทั้งชนิดที่เป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ วิธีการย้อมเส้นใยจะทำได้ด้วยวิธี Solution dye หรือ Dope dye โดยใส่สีพิกเมนต์ลงในโพลีเมอร์ขณะหลอมตัว ก่อนที่จะอัดออกเป็นเส้นใย วิธีนี้ใช้สำหรับการย้อมเส้นใยโพลีเอทิลีนการใช้สีพิกเมนต์เหมาะสำหรับใช้ทำสีพิมพ์ผ้า โดยผสมกับสารช่วยยึดสีกับเส้นใย (Binder) สารทำให้ข้น (Thickening agent) และสารเพิ่มความคงทน (Fixer)

2.2.3 อันตรายจากการใช้สีสังเคราะห์

อาจเกิดจากสาเหตุ 2 ประการ คือ

1. อันตรายจากตัวสีเอง สีทุกชนิดเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคไม่มากก็น้อย เนื่องจากเป็นของแปลกปลอมเข้าไปในร่างกาย เมื่อเข้าไปสะสมในร่างกายเป็นปริมาณที่มากพอ อาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ร่างกายได้ เช่น สีจำพวก Azo dyes ทำให้เกิดโรคมะเร็ง เนื่องจากเมื่อถูกกรีดวิซซ์โดยแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้จะเกิดอะโรเมติกเอมีน ซึ่งเป็นพิษต่อร่างกาย เพราะเมื่อถูกดูดซึมโดยลำไส้จะทำให้เกิดเมตาโบไลต์ (metabolites) ที่เป็นพิษขึ้นในร่างกายได้

2. อันตรายจากสารอื่นที่ปะปนอยู่เนื่องจากการผลิต สารที่ปะปนอยู่กับสีเนื่องจากการผลิต ได้แก่สารที่เกิดขึ้นระหว่างการสังเคราะห์สี (intermediates) เช่น อะโรเมติกเอมีน อโลหะและโลหะบางชนิด ซึ่งเป็นพิษต่อร่างกาย เช่น ตะกั่ว สารหนู โครเมียม และสังกะสี เป็นต้น สารเหล่านี้จะติดมากับสีในระหว่างกระบวนการผลิต ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยก็สามารถสะสมอยู่ในร่างกาย ทำให้เกิดอันตรายขึ้นได้ภายหลัง ถ้าร่างกายได้รับสารเหล่านี้ติดต่อกันเป็นเวลานาน อะโรเมติกเอมีน อโลหะ และโลหะเหล่านี้เป็นสารที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง นอกจากนี้โลหะและอโลหะเหล่านี้ยังมีพิษต่อร่างกาย

2.3 อาการพิษจากสีย้อมผ้าที่มีโลหะหนักปะปน

อันตรายส่วนใหญ่มักมาจากสีสังเคราะห์ทางเคมีซึ่งผู้ผลิตบางคนใช้สีย้อมผ้าหรือสีย้อมกระดาษ ซึ่งมีโลหะหนักพวกตะกั่ว โครเมียม สารหนู สังกะสีปะปน เพราะสีดังกล่าวราคาถูกกว่าทำให้ผู้บริโภคมีอันตรายได้

โครเมียม

ถ้าพอกพูนในร่างกายเกินขนาดจะเกิดอาการเวียนศีรษะ กระหายน้ำรุนแรง อาเจียน
หมดสติ และเสียชีวิต เนื่องจากไตไม่ทำงานปัสสาวะเป็นพิษ

ตะกั่ว

ระยะแรกจะทำให้ร่างกายอ่อนเพลีย เมื่ออาหาร ปวดศีรษะ โลหิตจาง ถ้ามีสะสม
มากขึ้นผู้นั้นจะมีอาการอัมพาตที่แขนขา สมองไม่ปกติ เพื่อ ชักกระตุก หมดสติ ในเวลาต่อมา
ปรอท

กรณีเฉียบพลัน มีอาการคลื่นไส้ ท้องเดิน ปวดมวนท้องรุนแรง ถ้าสะสมเรื้อรัง
เหงือกจะบวมแดง คล้ำ ฟันตาย หลุดง่าย เมื่ออาหาร อ่อนเพลีย

สารหนู

ถ้าพอกพูนในร่างกายจะเกิดพิษต่อระบบทางเดินอาหารทำให้ผิดปกติตับอักเสบเกิด
อันตรายต่อวงจรโลหิต หัวใจวายได้

ได้มีการตรวจสอบสีผสมอาหารจะมีสารดังกล่าวเจือปนตามมาตรฐานอนามัยโลกดังนี้

สารหนู มีปนเปื้อนในสีได้ไม่เกิน 3 มิลลิกรัม ต่อสี 1 กิโลกรัม

ตะกั่ว มีปนเปื้อนในสีได้ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อสี 1 กิโลกรัม

โครเมียม มีปนเปื้อนในสีได้ไม่เกิน 20 มิลลิกรัม ต่อสี 1 กิโลกรัม

โลหะชนิดอื่น ๆ นอกจากตะกั่ว รวมกันแล้วไม่เกิน 30 ส่วน ในด้านส่วนโดยน้ำหนัก

2.3.1 สารพิษที่ปนเปื้อนมาในอาหารในรูปของสารโลหะหนัก

พิษของสารโลหะหนัก เช่น ปรอท ตะกั่ว พลวง สารหนู เราได้พูดถึง
ในตอนต้น ๆ มาแล้วจึงขอพูดพอเป็นสังเขป

1. การปนเปื้อนของสารปรอทในอาหาร ก็โดยการมีสารปรอทปะปนมาในน้ำ
ที่น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม แล้วไหลสู่แหล่งน้ำเช่นแม่น้ำลำธาร ทำให้สารปรอทถ่ายเทไป
สู่ตัวปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ เช่น หอย ปู ปลา กุ้ง ซึ่งเมื่อคนหรือสัตว์มาบริโภค สัตว์น้ำดังกล่าวก็
จะได้รับสารพิษด้วย

2. สารตะกั่วมีการปนเปื้อนมาที่อาหารได้หลายทาง เช่น ทางภาชนะบรรจุ
อาหารพวก พลาสติก เซรามิค ตะเกียบ อุดกระดษหนังสือพิมพ์ ไข่เยี่ยวม้า เป็นต้น

3. สารหนู พบปนเปื้อนมากับนมผง

ในอาหารกระป๋องมีการกำหนดมาตรฐาน สารปนเปื้อนโลหะหนักในอาหาร
กระป๋อง โดยกระทรวงสาธารณสุข

- ดีบุกไม่เกิน 300 ส่วน สังกะสีไม่เกิน 100 ส่วน ทองแดงไม่เกิน 20 ส่วน
- ตะกั่วไม่เกิน 5 ส่วน สารหนูไม่เกิน 2 ส่วน

1.) สารพิษจากสารตะกั่ว

ก. สารพิษจากสารตะกั่วในไข่เยี่ยวม้า

ไข่เยี่ยวม้าเป็นอาหารที่มีชื่อเสียงของจีนแต่โบราณและนิยมรับประทานกันอย่างแพร่หลาย มีชื่อภาษาอังกฤษที่เรียกได้ต่างกันคือ Fermented eggs, Alkalized eggs, Preserved Lime eggs, Pickling eggs Chinese โดยทั่วไปไข่เยี่ยวม้านิยมทำจากไข่เป็ดมากกว่าไข่ไก่ โดยวิธีการแช่ไข่หรือพอกไข่ด้วยสารละลายต่าง ซึ่งได้แก่ชาจีน เกือบแคง โซดาแอชหรือโซเดียมคาร์บอเนต ปูนขาว น้ำ โดยใช้ไข่เฒ่าหรือคินเหนียวผสมเพื่อให้พอกง่าย แล้วคลุกด้วยเกลือหยาบ ถ้าวิธีการแช่ต้องหมักนาน 15-30 วัน ถ้าพอกจะตั้งหมักนาน 45-60 วัน ในระหว่างนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ เอนไซม์และความเป็นด่าง ไข่จะสุกด้วยด่าง กินได้โดยไม่ต้องผ่านความร้อนอีก ไข่เยี่ยวม้ามีกลิ่นของแอมโมเนีย มีไข่ขาวเป็นวุ้นคงตัว สีสีเหลืองอำพันเข้มหรือสีน้ำตาลไหม้ ส่วนไข่แดงรอบนอกแข็งมีสีเทาออกเขียวหรือเทาดำ ตรงกลางมีสีแสดคล้ำ กิ่งแข็งกิ่งเหลว

การทำไข่เยี่ยวม้าถ้าไม่มีการควบคุมคุณภาพให้ดี ได้มาตรฐาน ไข่มักมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และสารตะกั่วซึ่งมีการวิเคราะห์หาปริมาณสารตะกั่วที่ปนเปื้อนพบ 0.91-81.76 มิลลิกรัม/กก. (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 2529-2531) โดยสุ่มตัวอย่าง 48 บริษัท

เกณฑ์มาตรฐาน ที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้กำหนดให้มีปริมาณสารตะกั่วในไข่เยี่ยวม้าไม่เกิน 4 มก./ไข่เยี่ยวม้า 1 กก.

ความเป็นพิษ ของตะกั่วต่อระบบเลือด จะทำให้ซีด อ่อนเพลีย เหนื่อย เป็นอันตรายต่อระบบประสาท ทำให้ปวดศีรษะ กระวนกระวาย มีอาการชัก และอาจเป็นอัมพาต ปวดท้อง และไตวาย ในเด็กอาจทำให้ไตพิการ ชักและปัญญาอ่อนได้

การซื้อไข่เยี่ยวม้าควรเลือกซื้อห่อที่มีการระบุที่ตั้ง ผู้ผลิต มีเครื่องหมาย อช.ติดบนฉลากชัดเจน

ข. ตะกั่วเป็นพิษ

ตะกั่วเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการหีบจับอาหารของชาวจีน แต่เนื่องจากในประเทศไทยมีคนจีนเข้ามาอาศัยอยู่มาก จึงรับอิทธิพลการใช้ตะกั่วมาเป็นอุปกรณ์อย่างหนึ่งนอกเหนือจากช้อนและช้อม

ตะกั่วที่เป็นพิษนั้นเป็นตะกั่วแบบที่หาได้ใหม่ ๆ สีที่ทาอยู่บนตะกั่วก็ยังคงติดแน่นอยู่ แต่เมื่อใช้นานไป ท่านลองลึกลงดูลงในน้ำก็ย้วยตัวร้อน ๆ ในหม้อสุกที่กำลังเดือด ๆ ไม่ใช่จุ่มเพียงครั้งสองครั้ง ตะกั่วบ่อหนึ่ง ๆ ต้องจุ่มอยู่อย่างนี้ตลอดเวลาแม้จะมีการทาแลกเกอร์ทับอยู่บนสีนั้นก็ตามที แลคเกอร์ย่อมละลายหลุดออกไปได้ ถ้าท่านสังเกตให้ดี ตะกั่วตามร้านอาหารไม่ได้อยู่ในสภาพที่ดีทุกคู่ บางคู่ก็ยังอยู่ในสภาพที่ดี สียังติดแน่นอยู่บนไม้ตลอดทั้งอัน แต่

ตะเกียบบางคู่จะเห็นว่าได้ลอกหลุดออกไปบางส่วน บางคู่หลุดออกจนน่าเกลียดเหลือสี่ติดอยู่แค่ช่วงบนที่มีมือจับเท่านั้น

สิ่งที่ใช้ทำบนตะเกียบ คงไม่มีใครใช้สี่ใส่อาหารที่ไม่มีพิษไม่มีภัยไปทำให้อย่างแน่นอน แล้วทีนี้จะเป็นสี่อะไรล่ะ ก็สี่ที่บ้านนี่แหละ ส่วนมากแล้วเขาใช้สี่ที่บ้านมาทาคะเกียบกัน

สี่ที่บ้านเป็นสี่ที่กินไม่ได้ เนื่องจากในตัวสี่นั้นมีโลหะหนักอยู่เช่นมีพวกตะกั่ว แคลเซียม สารหนู เป็นต้น สารแต่ละชนิดล้วนเป็นอันตรายต่อสุขภาพ และมีโอกาสก่อให้เกิดมะเร็งทั้งสิ้น

ดังนั้นการเลือกตะเกียบตามร้านอาหาร โดยเฉพาะใช้กินของที่เป็นน้ำร้อน ๆ อย่างถ้วยเต๋วน้ำหรือสุกี้ที่เป็นหม้อ ต้องใช้ตะเกียบจุ่มลงในหม้อน้ำเดือด ๆ ควรหลีกเลี่ยงตะเกียบที่ทำสี่เลือกตะเกียบไม้ธรรมชาติที่สะอาด ๆ ไม่ขึ้นราจะดีกว่า เพราะไม่ต้องเสี่ยงต่อการละลายหลุดร่วงของสี่บนตะเกียบที่เราใช้

ค. อันตรายจากเซรามิก

เดี๋ยวนี้อะไร ๆ ก็จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนเราไปเสียมากมายกระทั่งถ้วยและชามที่ทำด้วยพลาสติก (รวมทั้งแก้วน้ำด้วย) ก็ยังเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้เขาจึงได้บอกว่าย่าใส่กันเลยภาชนะพลาสติกนั้นนะ ผู้คนเริ่มหันมาใช้ภาชนะจำพวกกระเบื้องเคลือบกันมากขึ้น ถึงจะราคาแพง น้ำหนักมาก และแตกได้ง่ายกว่าพลาสติกก็ยอม ก็เขากลัวสารพิษจากภาชนะพลาสติกกันนี่นะ แต่ทราบไหมว่าที่เราคิดว่าภาชนะกระเบื้องเคลือบไว้ใจได้นั้น จะไม่ถูกต้องเสียแล้ว

เพราะสีและสารเคลือบที่ใช้ทำเครื่องถ้วยชามเหล่านั้นก็มีสารตะกั่วที่เป็นอันตรายกับร่างกายของเราอยู่ด้วยเช่นกัน และกรรมวิธีผลิตไม่ดีพอ เช่นว่าอุณหภูมิใช้เผาไม่ถึงที่กำหนดหรือส่วนผสมผิดส่วนไป สารตะกั่วก็จะลอกหลุดปะปนกับอาหารเข้าสู่ร่างกายของเราอย่างสบาย

ง. พิษจากถุงกระดาษสิ่งพิมพ์

บ้านเมืองเรานิยมใช้ถุงกระดาษเป็นภาชนะห่อหุ้มอาหารที่มี น.น.ยา เพราะราคาถูกทำง่าย ซื้อง่าย

ท่านทราบหรือไม่ว่าถุงกระดาษสิ่งพิมพ์ซึ่งผู้ขายใช้บรรจุอาหารทอดหรืออาหารที่มีความชื้นสูง คือสี่อันตรายนำสารพิษเข้าสู่ร่างกายผู้บริโภค เพราะตัวหนังสือที่พิมพ์อยู่บนตัวกระดาษนั้นพิมพ์ด้วยหมึกซึ่งมีส่วนผสมของสารประกอบจำพวกตะกั่ว ปปรอท แคลเซียม สารหนู และเมื่อถุงกระดาษสิ่งพิมพ์สัมผัสกับอาหารที่มีความชื้นสูงหรือที่มีน้ำมัน เช่น กุ้งทอด ปาท่องโก๋ มะม่วงคอง สับปะรดเป็นต้น สารประกอบที่อยู่ในหมึกพิมพ์ก็จะซึมติดอาหารเข้าสู่ระบบในร่างกายที่ละน้อย อันจะก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ และเป็นต้นเหตุของโรคโลหิตจางไตพิการ โรคหัวใจความดันโลหิตสูง โรคมะเร็งทำลายเนื้อเยื่อในสมอง

เพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายดังกล่าว จึงปฏิเสธที่จะรับอาหารซึ่งบรรจุในถุงกระดาษสิ่งพิมพ์สำหรับผู้ชาย ควรหาถุงกระดาษสีขาวที่ไม่มีตัวหนังสือลายเส้นหรือรูปภาพ หรือใช้ถุงพลาสติกสำหรับบรรจุของร้อน ใส่อาหารทอด อาหารมัน เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค

2.3.2 สารพิษที่ปนเปื้อนมากับภาชนะบรรจุอาหาร

ภาชนะบรรจุอาหารที่นำสารพิษซึ่งอันตรายมาสู่มนุษย์จะนำมากล่าวถึง ได้แก่

1. พลาสติก 2. ดินเผา 3. เซรามิก 4. ถุงกระดาษสิ่งพิมพ์

ซึ่งสิ่งดังกล่าวล้วนแล้วแต่เป็นภาชนะบรรจุอาหารที่เราใช้กันบ่อย ๆ ในชีวิตประจำวัน จนไม่รู้ว่ามิพิษภัยที่แฝงมากับภาชนะดังกล่าวเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อาหารปนเปื้อนไปด้วยสารพิษ ได้แก่

1. เซรามิก 2. ถุงกระดาษ สิ่งพิมพ์ทั้ง 2 อย่างหลุดลงในสารพิษจากตะกั่ว แล้วจึงไม่หลุดอีก

3. พลาสติก เป็นวัสดุที่ใช้บรรจุห่อหุ้มและสัมผัสอาหารมากในชีวิตประจำวัน เพราะสะดวกมีคุณสมบัติทนทานในการใช้งาน น้ำหนักเบา สะดวกต่อการขนส่ง ราคาถูก พลาสติกที่ใช้กันอยู่ทุกวันนี้เป็นสารสังเคราะห์ที่มนุษย์ทำขึ้น โดยการนำวัตถุดิบพื้นฐานมาผ่านขั้นตอนที่เรียกว่า โพลีเมอร์ไรเซชัน เกิดเป็นสาร โพลีเมอร์หรือเลซินเดิมสารเจือปนรวมทั้งสีลงไป เพื่อให้พลาสติกมีสีสวยงาม

การใช้ภาชนะพลาสติกควรใช้อย่างระมัดระวังใช้ให้ถูกวัตถุประสงค์ของภาชนะเพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดต่อสุขภาพผู้ใช้ ถ้าเราสังเกตดูจะเห็นว่าภาชนะพลาสติกบางชนิดไม่ทนความร้อนเมื่อนำไปใส่อาหารร้อนมาก ๆ เช่น ถ้วยเตี๋ยวน้ำ สารมีสี เช่น ปรอท ตะกั่ว สารหนู แคลเมียม จะเข้าสู่ร่างกาย ดังนั้นพลาสติกที่ได้ของร้อนควรเลือกที่ไม่มีสี ชนิดของผลิตภัณฑ์พลาสติก

1. โพลีเอทิลีน (Polyethylene) เป็นถุงพลาสติกธรรมดา หรือถุงยีนที่มีลักษณะใสไม่ขุ่น ทึบ ใช้บรรจุอาหารแห้งที่ไม่ร้อนได้
2. โพลีโพรพิลีน (Polypropylene) ถุงร้อนเป็นพลาสติกใสที่แสงสว่างผ่านได้ ทนความร้อนได้ มีความเหนียวและแข็งแรงกว่าแบบที่ 1 ทนต่อสารไขมันและความร้อนได้สูง ถึงอุณหภูมิน้ำเดือด ใช้บรรจุอาหารร้อนหรือขนมปังกรอบ
3. เซลลูโลสอะซิเตท (Cellulose acetate) ถุงพลาสติกสำหรับใช้เก็บอาหารสดที่ต้องการหายใจ เช่น ผักสด ผลไม้สด จะเป็นแผ่นฟิล์มใส อากาศและไอน้ำผ่านเข้าออกได้ พลาสติกนี้จะนิ่มขาดได้ง่ายและหลอมตัวง่าย
4. โพลีสไตรีน (Polystyrene) คล้ายแบบที่ 3 ใช้บรรจุอาหาร ผัก ผลไม้

5. โพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride) ที่เรียกกันว่า พีวีซี ทำได้หลายลักษณะตั้งแต่เป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ไปจนหนา และครั้งนึ่งครั้งแข็งไปจนแข็งมากทนต่อไขมันและน้ำมันได้ดี แสงและอากาศผ่านได้น้อย ใช้บรรจุอาหารสดพวกเนื้อสัตว์และขนมเครื่องคัมต่าง ๆ ชนิดแข็งที่ทำเป็นขวดหรือกล่อง กำลังมีปัญหาเรื่องความปลอดภัย เพราะมีสารไวนิล คลอไรด์ โมโนเมอร์ หลงเหลือ อ้าเกิน 1 ส่วนในล้านส่วน จะเป็นอันตราย

6. ไนลอน (Nylon) เป็นพลาสติกที่เป็นแผ่นฟิล์มโปร่งแสงยึดไม่ได้ เหนียวฉีกขาดไม่ได้

7. โพลีเอสเธอร์ (Polyester) ชนิดนี้ป้องกันอากาศผ่านใช้บรรจุอาหารที่ไม่ต้องการให้สัมผัสกับอากาศ เช่น เนยแข็ง เนื้อสัตว์ ป้องกันการเสื่อมคุณภาพของอาหาร

8. ลามิเนต (Laminate) เป็นแผ่นพลาสติกชนิดต่าง ๆ ทำเป็นพลาสติกซึ่งเป็นภาชนะบรรจุอาหารรวมทั้งที่ใช้ดื่มได้ บรรจุอาหารแบบสูญญากาศ ใส่ของแห้งพวกซูปสงเครื่องคัมผง

มีพลาสติกบางชนิดนำกลับไปหลอมและเป่าใหม่ พลาสติกจะขุ่นมัว ผิวหน้าไม่เรียบ เพราะมีเศษอนุภาคของสิ่งปนเปื้อนจำนวนมาก มีการเติมสีปิดบังความขุ่นมัวไม่ควรใส่อาหารโดยตรง เพราะจะเกิดการปนเปื้อนในอาหารเกิดอันตรายได้

การบริโภคเอาสารพลาสติกที่ละลายออกมากับอาหาร ซึ่งนอกจากโลหะหนักที่ได้รับจากสีแล้ว ตัวพลาสติกเองก็เป็นอันตรายถ้ากินเข้าไปมากอาจเป็นบ่อเกิดของโรคมะเร็ง

2.) สารพิษจากภาชนะกระป๋อง

ในปัจจุบันอาหารกระป๋องจะเป็นที่นิยมบริโภคของคนในปัจจุบันเพราะสะดวก สะอาด รสอร่อย แต่สิ่งที่ตามมาคือถ้าใช้ไม่ถูกวิธีอาจได้รับสารพิษที่แอบแฝงมากับกระป๋อง คือ สารตะกั่ว และดีบุก เพราะในอุตสาหกรรมการทำอาหารกระป๋อง จำเป็นต้องใช้ดีบุกเคลือบแผ่นเหล็ก ที่ใช้ทำกระป๋องเพื่อป้องกันสนิม

อาการพิษที่เกิดจากการได้รับสารพิษคือ ปวดท้อง อาเจียน และอาจมีอาการเรื้อรัง ได้มีการศึกษาหาปริมาณดีบุกในอาหารกระป๋องที่เปิดทิ้งไว้ พบว่าขึ้นกับอาหารที่มีฤทธิ์เป็นกรดสูงจะมีดีบุก ตะกั่วละลายออกมาโดยทดลองใช้น้ำส้มป่อยคั้น น้ำมะเขือเทศ เปิดทิ้งไว้ 3-7 วัน และ 15 วัน (เกณฑ์มาตรฐานปกติควรมีดีบุกในอาหารไม่เกิน 250 มก./อาหาร 1 กก. ตะกั่วไม่เกิน 0.3 มก./อาหาร 1 กก.)

ปรากฏว่ามีดีบุกและตะกั่วเพิ่มขึ้นเกินเกณฑ์มาตรฐาน โดยเฉพาะเมื่อเปิดอาหารแล้ว ออกซิเจนจะเข้าไปในกระป๋องแล้วทำปฏิกิริยาทำให้ดีบุกและตะกั่วละลายออกมา โดยมีอาหารรสเปรี้ยวเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่อเปิดกระป๋องถ้ารับประทานไม่หมด ควรถ่ายอาหารใส่ภาชนะอื่นที่มีฝาปิดแช่ตู้เย็นเอาไว้

นอกจากนี้ได้มีการวิเคราะห์ปริมาณดีบุกจากผลิตภัณฑ์นมสด นมข้นหวานและนมข้นไม่หวาน โดยใช้ 10 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณดีบุกที่พบเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เก็บหลังจากเปิดกระป๋องแล้ว รายละเอียดการทดลองนมข้นหวาน 1 ตรา เมื่อเก็บ 15 วัน ในอุณหภูมิปกติมีปริมาณดีบุกเฉลี่ย 320 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งเกินมาตรฐานความปลอดภัย นายประพทุทธ์ ฌ นคร อธิปไตย ศึกษาศาสตร์ สรุปข้อมูลว่า ผลิตภัณฑ์นมกระป๋องทุกชนิดยกเว้น นมข้นหวาน ไม่ควรเก็บไว้ในกระป๋องหลังจากมีการเปิดกระป๋องแล้ว เพราะจะเกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ โดยจะได้รับการพิษคือดีบุกสะสมจนถึงขั้นเป็นพิษได้ โดยผู้ป่วยจะมีอาการ ปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ถ้าสงสัยว่าได้รับสารพิษควรรีบนำส่งแพทย์โดยเร็ว

2.4 การวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometer

เทคนิคทาง AAS เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถทำได้ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์ที่ได้รับความนิยมมากวิธีหนึ่ง เพราะเป็นเทคนิคที่ให้ความเที่ยง ความแม่นยำ มีสภาพไวสูง และเป็นเทคนิคเฉพาะดีมาก ประกอบกับค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ก็ไม่สูงนัก ดังนั้นห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ที่ทันสมัย โดยทั่วไปจะมีเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์อยู่ด้วยเสมอ ความสามารถของเทคนิคนี้มีสูงมาก เพราะสามารถใช้วิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ได้ถึง 67 ธาตุ (แอมโมเนียม และอมร, 2535) ในสารตัวอย่างเกือบทุกชนิด ตัวอย่างธาตุเหล่านี้ได้แก่ Cu, Zn, Cd, Sb, Bi, Fe, Co, Mn, Ni, Ag, Au, Pb, Ca, Sn, As, Ge, Se, Te, Ru, Hg, Si, ฯลฯ ซึ่งนับว่ามากพอสมควรสำหรับเครื่องมือเพียงอย่างเดียว ทำให้การใช้งานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

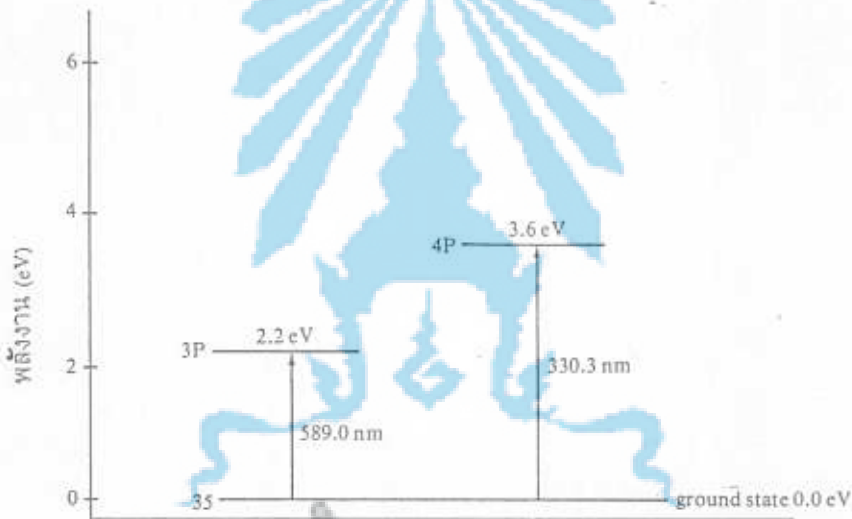
ปี ค.ศ. 1953 Walsh ได้สร้างความสนใจและแสดงให้เห็นถึงประโยชน์และข้อดีต่าง ๆ ของการใช้อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปีเพื่อการวิเคราะห์ทางเคมี ซึ่งในขณะนั้นเทคนิคที่นิยมในการวิเคราะห์ทางสเปกโทรสโกปี ได้แก่ เทคนิคคลอโรมิเตอร์ (Colorimetry) และเทคนิคทางอะตอมมิกอิมิซชันสเปกโทรสโกปี (Atomic Emission Spectroscopy) และในปี ค.ศ. 1955 Walsh ได้พัฒนาเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปีขึ้นมาใช้ในการวิเคราะห์ธาตุได้อย่างกว้างขวาง ช่วยทำให้การวิเคราะห์รวดเร็วขึ้น และได้เปรียบกว่าการใช้วิธีทางอะตอมมิกอิมิซชัน จึงต้องขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้เป็นอย่างมาก

2.4.1 หลักการของอะตอมมิกแอบซอร์พชัน (Principles of Atomic Absorption)

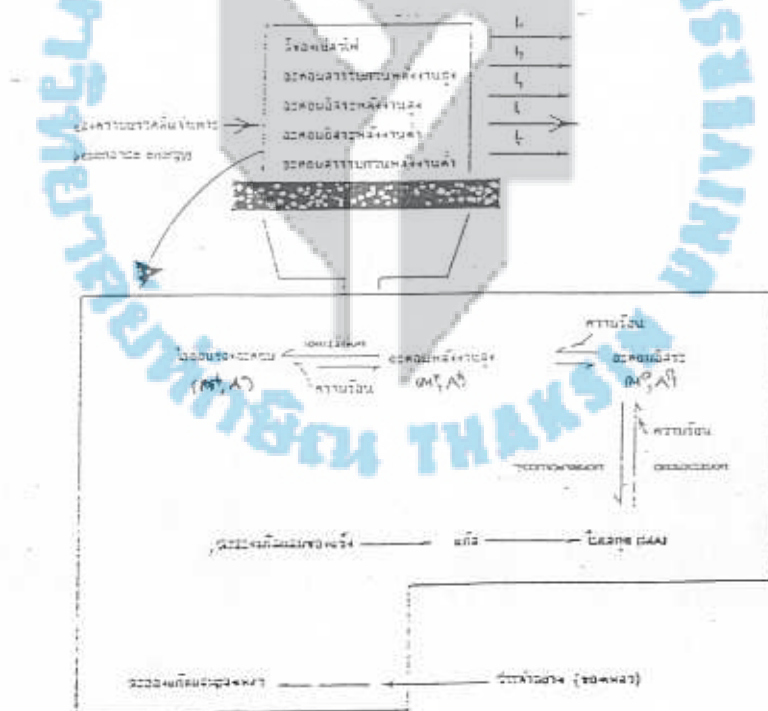
อะตอมมิกแอบซอร์พชันเป็นขบวนการที่เกิดจากอะตอมเสรีของธาตุดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นอันหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ ธาตุแต่ละชนิดจะมีระดับพลังงานแตกต่างกัน เช่น อะตอมของโซเดียมจะดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 589 nm เพราะแสงที่ความยาวคลื่นนี้เป็นแสงที่มีพลังงานพอดีที่จะทำให้อิเล็กตรอนของโซเดียมอะตอมเกิดการเปลี่ยน

สถานะจากสถานะพื้นไปสู่สถานะกระตุ้น ดังรูปที่ 2.9 ซึ่งจะเห็นว่าความยาวคลื่นเหล่านี้จัดเป็น Spectroscopic line ของอะตอมมิถุนเนียม ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของธาตุแต่ละชนิด

ในการทำให้อะตอมของธาตุในสารประกอบเกิดเป็นอะตอมอิสระได้นั้น ต้องมีการดูดกลืนพลังงานเข้าไป ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปต่าง ๆ กัน เช่น พลังงานความร้อนจากเปลวไฟ หรือความร้อนจากไฟฟ้า เป็นต้น ความร้อนจะทำให้เกิดกระบวนการแตกตัว (dissociation) หรือเปลี่ยนให้เป็นไอ (Vaporization) หรืออาจแตกตัวเป็นอะตอม หรือทำให้อะตอมอยู่ในสถานะกระตุ้น หรืออาจกลายเป็นไอออนก็ได้



รูปที่ 2.9 แสดงระดับพลังงานของอะตอมโซเดียม (${}_{11}\text{Na}^{23}$) ($1s^2, 2s^2 2p^6, 3s^1$)



รูปที่ 2.10 การดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงของอะตอมในเปลวไฟ

จากรูปที่ 2.10 แสดงให้เห็นเมื่อสารตัวอย่างที่เป็นของเหลวถูกฉีดเข้าสู่เปลวไฟ ความร้อนจะทำให้ละอองของแก๊สผสมของเหลว (gas – liquid aerosol) กลายเป็นละอองของแก๊สผสมของแข็ง (solid – gas aerosol) แก๊ส และโมเลกุลของสารตัวอย่าง (MA) ตามลำดับ เมื่อโมเลกุลได้รับความร้อนที่เหมาะสม โมเลกุลจะแตกตัวเป็นอะตอมอิสระ M^0 และ A^0 ซึ่งในขั้นตอนนี้ถ้าปล่อยพลังงานแสง (resonance energy) จากแหล่งภายนอกที่มีความยาวคลื่นจำเพาะสำหรับอะตอมนั้น ๆ ผ่านกลุ่มอะตอมอิสระ พลังงานแสงนี้จะถูกดูดกลืนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนอะตอมอิสระ ดังสมการ

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

โดย A = ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance)

k = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (absorbance coefficient) ของอะตอมที่มีความยาวคลื่นที่กำหนด

n = จำนวนอะตอมอิสระที่มีพลังงานค่า / มล.

t = ความกว้างของเปลวไฟที่แสงผ่าน (ซม.)

ดังนั้นเมื่อวัดความเข้มของแสงที่เหลือจากการดูดกลืนโดยอะตอม จึงสามารถหาความเข้มข้นของธาตุได้โดยวิธีการของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

แต่ในทางปฏิบัติอุณหภูมิของเปลวไฟที่สูงเกินไปทำให้อะตอมอิสระบางส่วนกลายเป็นอะตอมพลังงานสูง (M^* และ A^*) และแตกตัวเป็นไอออน (M^+ และ A^+) ซึ่งทำให้เกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ นอกจากนี้ความผิดพลาดในการวิเคราะห์ยังมาจากแสงจากสี่ของเปลวไฟแสงที่ปล่อยจากอะตอมของสารรบกวนแสงที่ปล่อยออกมาจากอะตอมอิสระพลังงานสูง ตลอดจนการดูดกลืนแสงจำเพาะโดยสารรบกวน ดังนั้นจึงต้องลดความผิดพลาดเหล่านี้โดยเทคนิคต่าง ๆ ตามความเหมาะสมต่อไป

2.4.2 เทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี AAS

เทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุนั้นสามารถทำได้หลายวิธี คือ

1. ใช้ Flame Atomization Technique เทคนิคนี้ใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างแตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟ (flame) ที่เหมาะสม
2. ใช้ Flameless Technique หรือ Non – flame Atomization Technique ซึ่งเทคนิคนี้ใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างสลายตัวเป็นอะตอมได้ด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (electrothermal atomizer หรือ graphite furnace) โดยสามารถโปรแกรมให้อุณหภูมิของการเผามีค่าต่าง ๆ กันได้
3. ใช้ Hydride Generation Technique เนื่องจากมีธาตุบางชนิดจะเปลี่ยนให้เป็นอะตอมโดยตรงด้วยเทคนิค 1 และ 2 ไม่ได้ แต่จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันการรวมตัวกับออกซิเจนของธาตุเหล่านี้ ดังนั้น จึงต้องใช้วิธีทำให้

ธาตุเหล่านี้กลายเป็นสารที่เป็นไอได้ง่าย ๆ ที่อุณหภูมิห้องด้วยการรีดิวซ์ให้เป็นไฮโดรไครด์ แล้วให้ไฮโดรไครด์นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮโดรเจนความร้อนจากเปลวไฟไฮโดรเจนจะทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมเสรีได้ เทคนิคนี้ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ As, Se, Ge, Bi และ Sb

4. ใช้ Cold Vapor Generation Technique สำหรับเทคนิคนี้เหมาะที่จะใช้เป็นตัววิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนให้เป็นไอได้ง่าย ๆ ซึ่งได้แก่ การวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณน้อยโดยเฉพาะ

2.4.3 ลักษณะของเปลวไฟ

ปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในเปลวไฟค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อนพอสมควร เราควรศึกษาถึงคุณลักษณะของเปลวไฟเพื่อใช้ประโยชน์ในการเลือกชนิดของเชื้อเพลิง อัตราการไหลของอากาศและเชื้อเพลิง ความสูงของเปลวไฟเหนือ burner ที่ใช้เป็นแหล่งของอะตอมอิสระ (atom reservoir) และชนิดของตะเกียง (burner)

เปลวไฟทำหน้าที่หลัก 3 ประการ คือ

1. ใช้ในการเปลี่ยนสารที่ต้องการวิเคราะห์จากของเหลว (หรือของแข็งที่อยู่ในรูปขี้ดเพนชัน) ไปเป็นก๊าซ
2. ใช้ในการสลายสารประกอบของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ออกเป็นอะตอมอิสระ

3. ใช้ในการผลิตอะตอมอิสระที่สภาวะเร็ว เช่น ใช้ในแฟลมโฟโตเมตรี

เปลวไฟที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. มีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ธาตุแต่ละอย่าง
2. flame background ต้องไม่รบกวนในการวัดความยาวคลื่นที่สนใจ

เปลวไฟที่ใช้กันโดยทั่วไปในแฟลมโฟโตเมตรี และอะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปก

โทรสโกปี ได้แก่ อากาศ / โพรเพน (อากาศ / บิวเทน) อากาศ / อะเซทีลีน ในเคร์สออกไซด์ / อะเซทีลีน และอากาศ / ไฮโดรเจน (อาร์กอน / ไฮโดรเจน)

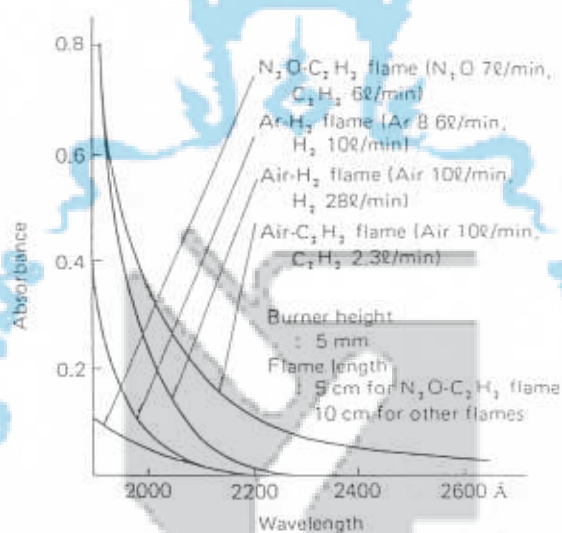
อากาศ / โพรเพน ให้เปลวไฟที่มีอุณหภูมิต่ำสุด คือ ประมาณ 1,900 องศาเซลเซียส ซึ่งความร้อนพอที่จะทำให้เกิดอะตอมอิสระของธาตุได้หลายธาตุ เช่น Cu, Pb, K, Na และ Zn ถ้าธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ดำรงอยู่ในของผสมที่มีส่วนประกอบ หรือ โครงสร้างซับซ้อนธาตุนั้นอาจเกิดสารประกอบทนไฟ เช่น refractory oxide อยู่ในเปลวไฟ เมื่อเปลวไฟนั้นร้อนไม่พอที่จะทำ

ให้สารประกอบแตกตัวอย่างสมบูรณ์

อากาศ/อะเซทีลีน เป็นเปลวไฟที่ใช้กันอย่างแพร่หลายใน AAS เปลวไฟชนิดนี้มีอุณหภูมิประมาณ 2,300 องศาเซลเซียส และนิยมใช้ในการวิเคราะห์ธาตุทรานซิชัน สามารถวิเคราะห์ธาตุได้ประมาณ 30 ธาตุ

ในครัสออกไซด์/อะเซทิลีน เป็นเปลวไฟที่ให้ความร้อนมากที่สุด ที่อุณหภูมิประมาณ 3,000 องศาเซลเซียส นิยมใช้เปลวไฟชนิดนี้สำหรับการเกิดอะตอมอิสระของธาตุที่เปลี่ยนเป็นอะตอมไอออนิก เช่น Al, Si และธาตุหายาก (rare - earth elements)

เปลวไฟที่เกิดจากอากาศและไฮโดรเจน (air - H₂ flame) หรือ อาร์กอน - ไฮโดรเจน (Ar-H₂ flame) เปลวไฟนี้ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง บางครั้งอาจเรียกว่า entrained air flame คือ แก๊สไฮโดรเจนเองติดไฟได้โดยมีอากาศช่วย เปลวไฟนี้จะใช้ในกรณีที่ใช้ hydride generation technique หรือใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ As, Se, Zn, Pb, Cd และ Sn ซึ่งใช้แสงที่มีความยาวคลื่นสั้น background absorption จะต้องใช้ Ar - H₂ flames จึงเหมาะสมที่สุด เพราะเป็น reducing flame ด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.11 แต่ก็มีข้อเสียที่อุณหภูมิของเปลวไฟค่อนข้างต่ำ ทำให้มีการแทรกสอดมากขึ้น



รูปที่ 2.11 แสดงการดูดกลืนของเปลวไฟต่าง ๆ

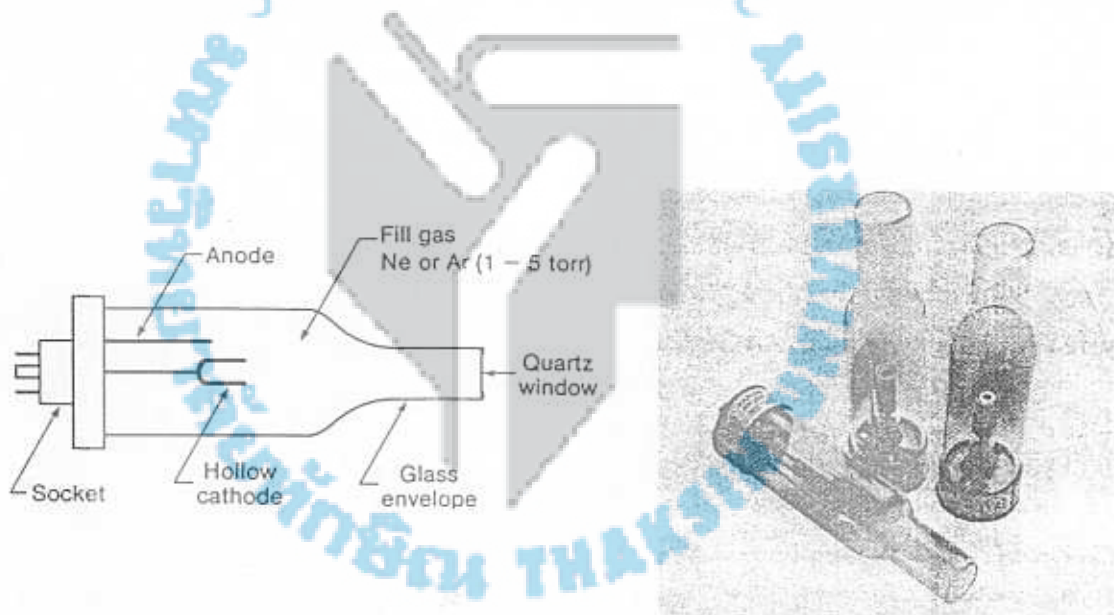
2.4.4 เครื่องมือที่ใช้ใน Atomic Absorption Spectroscopy

การวิเคราะห์ปริมาณด้วยเครื่องอะตอมมิคแอบซอร์พชันจะคล้ายกับเครื่องสเปกโตรเมทรีอื่น ๆ ซึ่งใช้กฎของเบียร์หรือริชช ซึ่งปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนเป็นสัดส่วนกับจำนวนอะตอมของสารตัวอย่าง ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องอะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ได้แก่

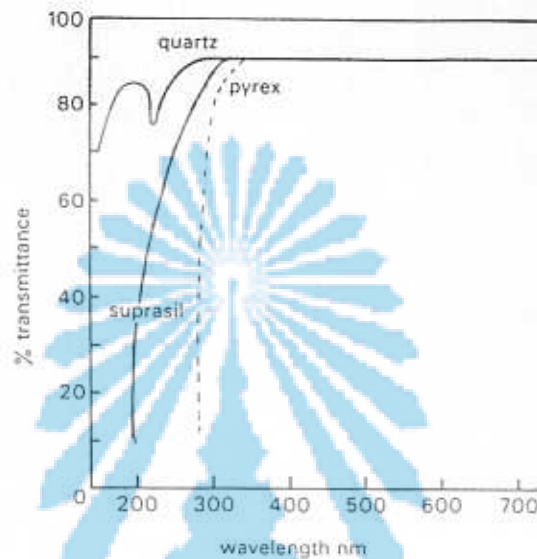
1. แหล่งของแสงเฉพาะธาตุ (light source)

โดยการใช้แหล่งของคลื่นแสงที่คายเส้นสเปกตรัมซึ่งมีความยาวคลื่นเท่ากับเส้นสเปกตรัมที่ถูกดูดกลืนโดยสารนั้น นอกจากนั้นความกว้างของแถบสเปกตรัมที่ได้จากแหล่งของแสงยังใกล้เคียงกับความกว้างของแถบสเปกตรัมที่ได้จากการดูดกลืนแสงของสารนั้น โมโนโครเมเตอร์ที่ใช้ในการกระจายแสงจึงไม่จำเป็นต้องมีความสามารถในการแยกคลื่นแสงสูง แหล่งของคลื่นแสงที่คิดค้นขึ้นโดย Walsh มีชื่อว่า Hollow Cathode Lamps (HCLs) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันมีลักษณะและส่วนประกอบต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.12

ลักษณะของ HCL จะประกอบด้วยขั้วแคโทดซึ่งเป็นโลหะทำเป็นรูปทรงกระบอกกลวงหรือรูปถ้วย (cup) แล้วฉาบด้วยโลหะหรือเป็นผงโลหะที่ต้องการให้ถูกกระตุ้น เพื่อให้ได้สเปกตรัมที่มี resonance lines ส่วนขั้วแอโนดทำด้วยโลหะนิกเกิลหรือทังสเตน หรือเซอร์โคเนียมเป็นแท่งเล็ก ๆ ภายในหลอดแก้วบรรจุด้วยแก๊สนีออนหรืออาร์กอนที่ความดันประมาณ 4-10 torr ส่วน window อาจเป็นแก้วไพเร็กซ์หรือควอartz ถ้าสเปกตรัมที่ได้อยู่ในช่วงยูวี window จะต้องสะอาดเสมอในการใช้หลอด HCL ควรจะใช้กระแสไฟฟ้าให้ถูกต้อง โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 3 - 30 mA ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ เมื่อใช้กระแสไฟฟ้ามาก ๆ จะทำให้อายุของหลอดสั้นเข้า แต่ได้แสงมีความเข้มสูงเป็นการเพิ่ม S/N ratio



รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะของ Hollow Cathode Lamp



รูปที่ 2.13 แสดงสมบัติในเชิงทรานสมิตแทนซ์ของควอร์ตซ์และไพเร็กซ์

2. ส่วนที่ทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมอิสระ (The Atomization Process หรือ

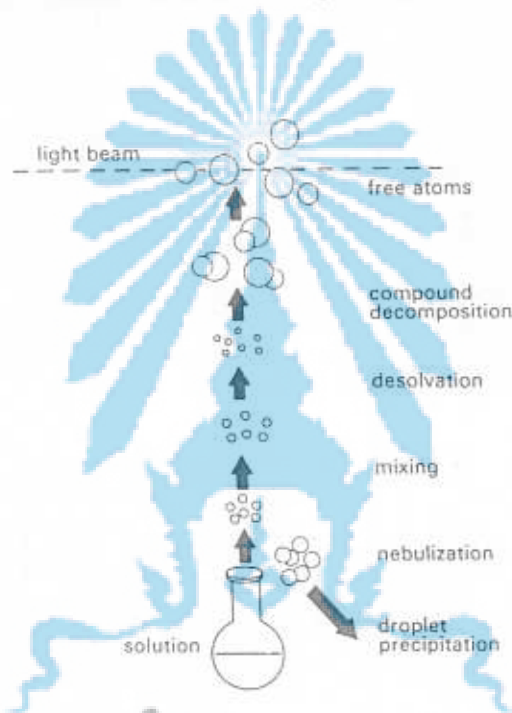
Atomizer)

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทาง AAS นั้นจะประสบความสำเร็จอย่างดีมากน้อยเพียงใดนั้น ย่อมขึ้นอยู่กับปริมาณอะตอมอิสระ (free atom) ของธาตุที่ทำให้เกิดขึ้น เพราะอะตอมอิสระเป็นตัวดูดกลืนแสงที่จะทำการวัดโดยเลือกใช้ความยาวคลื่นของแสงที่เหมาะสมผ่านเข้าไป ดังนั้น สิ่งสำคัญที่จะทำให้การวิเคราะห์ธาตุโดยวิธีนี้ได้ผลดีเพียงไรนั้น จึงขึ้นอยู่กับ การเกิดอะตอมอิสระที่ดำรงอยู่ที่สภาวะพื้นโดยใช้ความร้อนจากเปลวไฟ ชั้นตอนต่าง ๆ ของการเกิดอะตอมอิสระภายในเปลวไฟประกอบด้วย 5 ชั้นตอนดังต่อไปนี้

1. Nebulization เป็นกระบวนการเปลี่ยนของเหลวให้เป็นละอองเล็ก ๆ (mist) ด้วยเครื่องที่เรียกว่า nebulizer
2. Droplet precipitation เป็นกระบวนการที่ละอองเล็ก ๆ ของสารละลายรวมกันเป็นหยดสารละลายโต ไม่สามารถจะลอยอยู่ในอากาศได้ จึงตกลงมาแล้วออกไปทางท่อน้ำทิ้ง (drain)
3. Mixing เป็นกระบวนการที่ละอองเล็ก ๆ ของสารละลายเกิดผสมกับแก๊สเชื้อเพลิง (fuel) และออกซิแดนต์ (oxidant) ใน spray chamber ของ nebulizer
4. Desolvation เป็นกระบวนการที่ตัวทำละลายที่อยู่ในละอองเล็กนั้นถูกกำจัดออกไปทำให้เกิดเป็นอนุภาคเล็ก ๆ ของสารประกอบ กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นตอนล่างของเปลวไฟ

5. Compound decomposition เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในเปลวไฟ โดยที่พลังงานความร้อนจากเปลวไฟจะไปทำให้สารประกอบเกิดการแตกตัวเป็นออกไซด์ เป็นโมเลกุล และเป็นอะตอมเสรี บางครั้งอาจเกิดการกระตุ้นหรือเกิดการไอออไนเซชันต่อไปได้

กระบวนการทั้ง 5 นี้ แสดงเป็นภาพประกอบดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แสดง flame atomization process

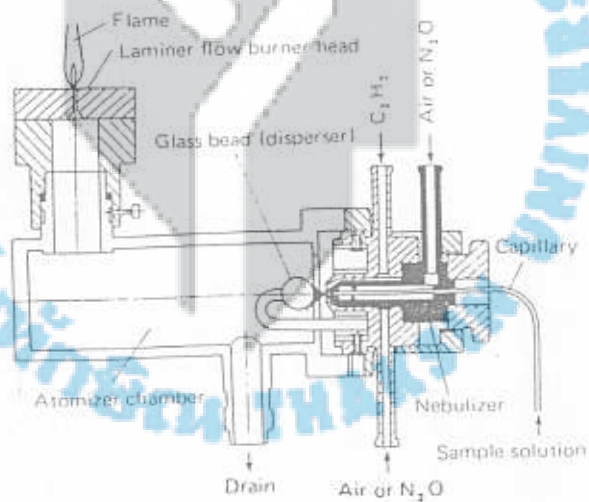
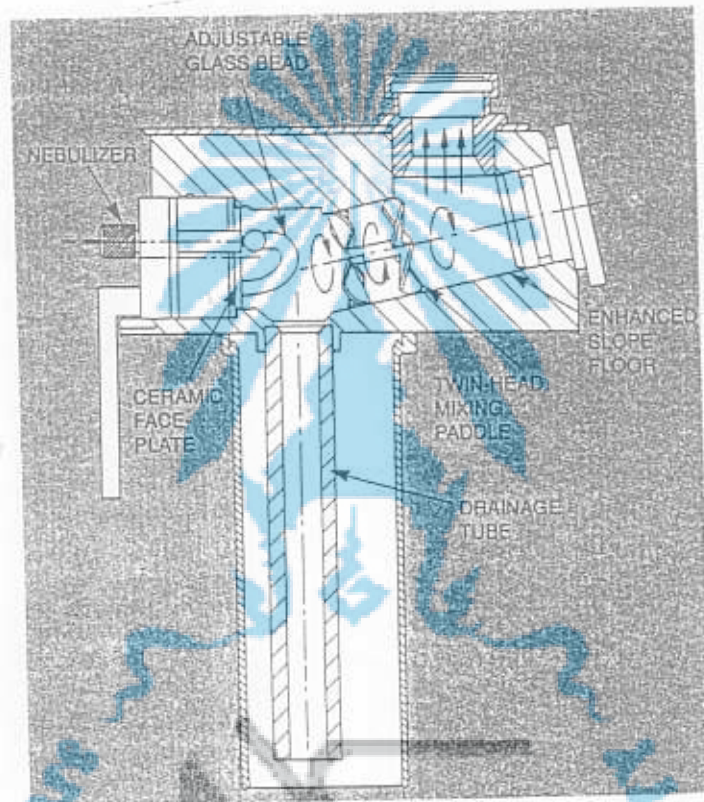
โดยทั่วไปเมื่อเวลาใช้เครื่องแก๊สที่เป็นเชื้อเพลิงและออกซิเจนจะผ่าน venturi เข้าไปใน nebulizer จะทำให้สารละลายถูกดูดเข้าไปด้วยอัตราเร็วตามที่ต้องการได้ (1-4 ml/min) เพื่อให้สารละลายที่พ่นเข้าไปชนกับ glass bead ดังรูปที่ 2.15 ละอองเล็ก ๆ ซึ่ง uniform จะเข้าไปยังเปลวไฟเพื่อเผาให้สลายตัวเป็นอะตอมเสรีของธาตุ

3. โมโนโครเมเตอร์ (Monochromator) หรือ ฟิลเตอร์ (Filter)

เครื่องมือที่ใช้ในเทคนิคนี้ต้องประกอบด้วยเครื่องกระจายแสง (หรือแยกคลื่นแสง) ที่มีคุณภาพดีให้แยกคลื่นที่แคบสามารถแยกเส้นสเปกตรัมของแสงที่จะถูกดูดกลืนโดยอะตอมอิสระของธาตุที่จะวิเคราะห์ได้ ปกติมักใช้ grating monochromator แต่ในการวิเคราะห์ธาตุอัลคาไลซึ่งมีเส้นสเปกตรัมที่แคบไม่กั้นปรากฏในช่วงวิสิเบิล อาจใช้ฟิลเตอร์ที่ทำด้วยแก้วแทนโมโนโครเมเตอร์ได้ และนิยมใช้ interference filter แบบเปลี่ยนได้

4. ดีเทกเตอร์ (Detector)

ใช้วัดความเข้มของแสงที่ผ่านออกจากตัวอย่างที่วิเคราะห์ มักนิยมใช้โฟโตมัลติพลายเออร์ทิวป์เป็นเครื่องวัดความเข้มแสง

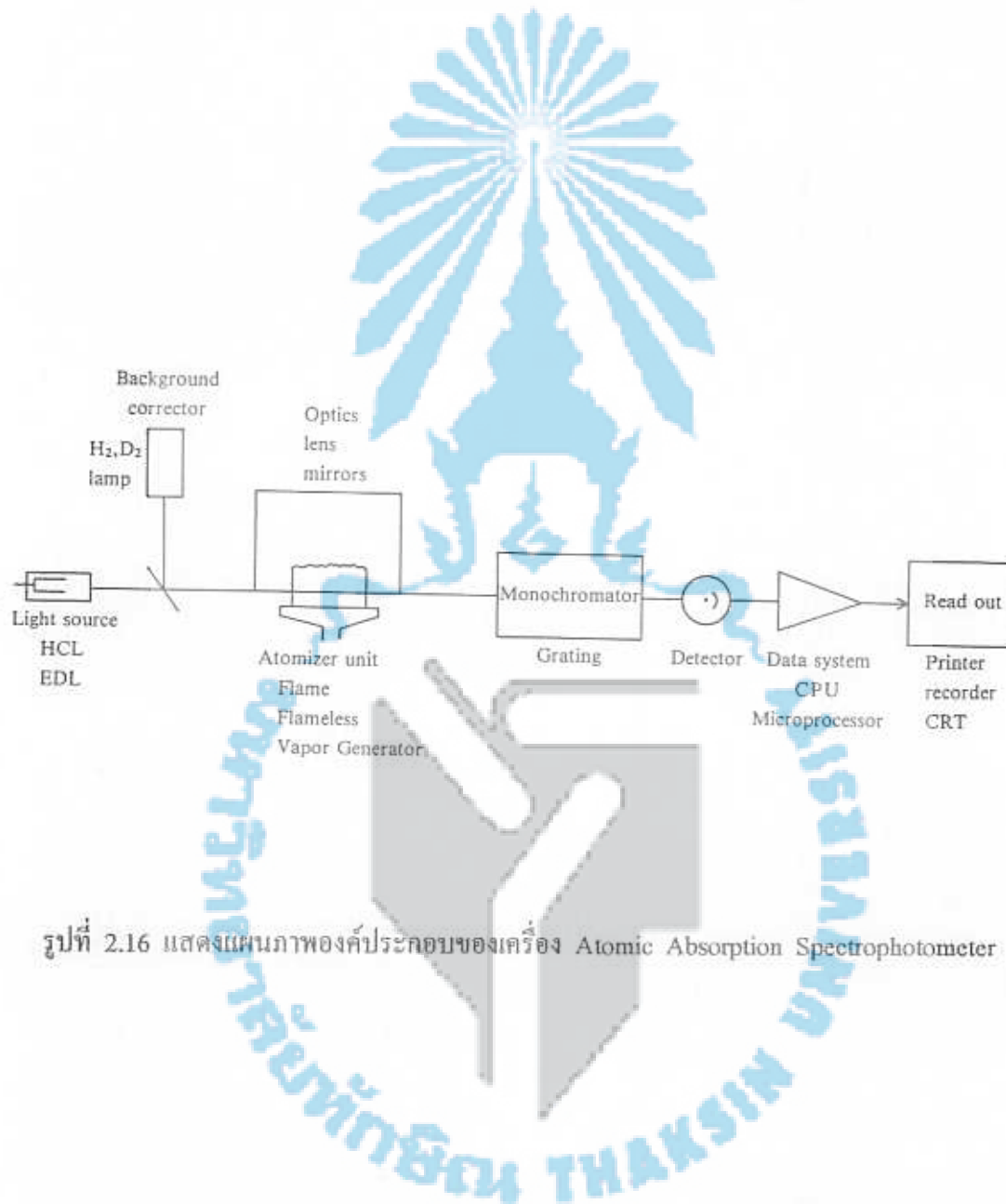


Pre-Mix Type Laminar Flow Burner

รูปที่ 2.15 แสดง pneumatic nebulizer and spray chamber แบบต่างๆ

5. เครื่องประมวลผลและอ่านผล (Data system and read - out unit)
เป็นส่วนแสดงค่า absorbance ที่วัดได้

อุปกรณ์และลักษณะต่าง ๆ ของ AAS แสดงด้วยแผนภาพดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงแผนภาพองค์ประกอบของเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาการปนเปื้อนของตะกั่วและโครเมียมในน้ำที่จากการขุดสระจุดที่บริเวณทะเลน้อย เพื่อหาปริมาณโลหะหนักบางชนิด เช่น ตะกั่ว (Pb) และโครเมียม (Cr) ซึ่งอาจจะปนเปื้อนในน้ำที่จากการขุดสระจุดบริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง โดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี วิธีการดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนดังนี้

3.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำเก็บจากคลองกลางบ้านอ่าวเจ้ บริเวณตำบลทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง ชาวบ้านที่อาศัยอยู่บริเวณนั้นจะปล่อยน้ำใช้ตามบ้านเรือนและน้ำที่จากการขุดสระจุด ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนลงในคลองดังกล่าว คลองมีความยาวประมาณ 800 เมตร ดังรูปที่ 3.1 การเก็บตัวอย่างน้ำจะแบ่งเก็บเป็น 10 จุด แต่ละจุดห่างกันประมาณ 20 เมตร ได้เก็บตัวอย่างน้ำในเดือนพฤศจิกายน 2541 กุมภาพันธ์ 2542 และ มิถุนายน 2542 ครั้งละ 10 ตัวอย่างน้ำ รวม 3 ครั้ง โดยเก็บตัวอย่างน้ำประมาณ 1,000 มิลลิลิตร ใส่ขวดโพลีเอทธีลีนที่สะอาด วัดอุณหภูมิ และ pH ของตัวอย่างน้ำหลังจากนั้นเติมกรด ในครีกที่มีความเข้มข้น 6M จำนวน 5 มิลลิลิตร ลงไปแล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วและโครเมียมโดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี นำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับปริมาณตะกั่วและโครเมียมที่ได้จากการวิเคราะห์เฉพาะในสี่ข้อมูกระจุดเพียงอย่างเดียว ดังข้อมูลในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดง วัน เดือน ปี เวลา อุณหภูมิและ pH ของการเก็บตัวอย่างน้ำ

วัน เดือน ปี	จุดที่	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)	pH
15 พฤศจิกายน 2541	1	10.45	26.1	6.34
	2	10.50	26.1	6.16
	3	10.55	26.1	5.94
	4	11.05	26.1	6.48
	5	11.10	26.6	6.45
	6	11.15	27.0	6.55
	7	11.20	26.4	6.70
	8	11.25	26.7	6.65
	9	11.30	26.7	6.60
	10	11.35	26.6	6.24

วัน เดือน ปี	จุดที่	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)	pH
15 กุมภาพันธ์ 2542	1	10.32	28.5	6.40
	2	10.40	28.0	6.54
	3	10.45	28.1	6.54
	4	10.54	27.1	6.42
	5	11.05	26.8	6.47
	6	11.10	27.0	6.54
	7	11.15	27.2	6.49
	8	11.20	27.1	6.51
	9	11.25	27.3	6.48
	10	11.36	27.4	6.49
15 มิถุนายน 2542	1	09.30	26.2	6.32
	2	09.40	26.4	6.35
	3	09.45	26.3	6.32
	4	09.50	26.4	6.18
	5	10.00	26.1	6.26
	6	10.05	26.2	6.39
	7	10.10	26.0	6.72
	8	10.15	26.3	6.46
	9	10.20	26.2	6.59
	10	10.25	26.3	6.53



รูปที่ 3.1 ภาพแสดงลักษณะน้ำในคลองกลางบ้านอ่าวเจ้



รูปที่ 3.2 ภาพแสดงการข้อมลึกระชูด

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือในการเก็บตัวอย่างน้ำ

- 1.1 ขวดโพลีเอทธีลีน ขนาด 1,000 มิลลิลิตร
- 1.2 กระจบอกลงขนาด 10 มิลลิลิตร
- 1.3 หลอดหยด
- 1.4 เครื่องเก็บตัวอย่างน้ำ

2. เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ; Varian AA-880 (สำหรับวิเคราะห์ Pb และ Cr)

3. Beaker ขนาด 100 , 250 มิลลิลิตร
4. Volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร
5. Pipette ขนาด 5 , 10 , 50 มิลลิลิตร
6. Auto pipette ขนาด 50 , 100 , 1,000 มิลลิลิตร
7. Hotplate
8. กรวยกรอง
9. กระชกนาฬิกา
10. กระดาษกรอง Whatman no. 1

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

- HNO_3 (conc.)
- HNO_3 6M
- Lead Solution Standard
- Chromium Solution Standard
- Deionized water

รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก



บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของตะกั่ว และ โครเมียม เพื่อนำไปเขียนกราฟมาตรฐาน แสดงผลดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

4.1 สารละลายมาตรฐาน

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ของสารละลายมาตรฐานตะกั่วที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

สารละลายมาตรฐาน	ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง
1	0.00	0.0001
2	2.00	0.0574
3	4.00	0.1131
4	6.00	0.1646
5	8.00	0.2111

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน โครเมียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

สารละลายมาตรฐาน	ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง
1	0	0.0001
2	1	0.0380
3	2	0.0748
4	3	0.1070
5	4	0.1400

4.2 กราฟมาตรฐาน

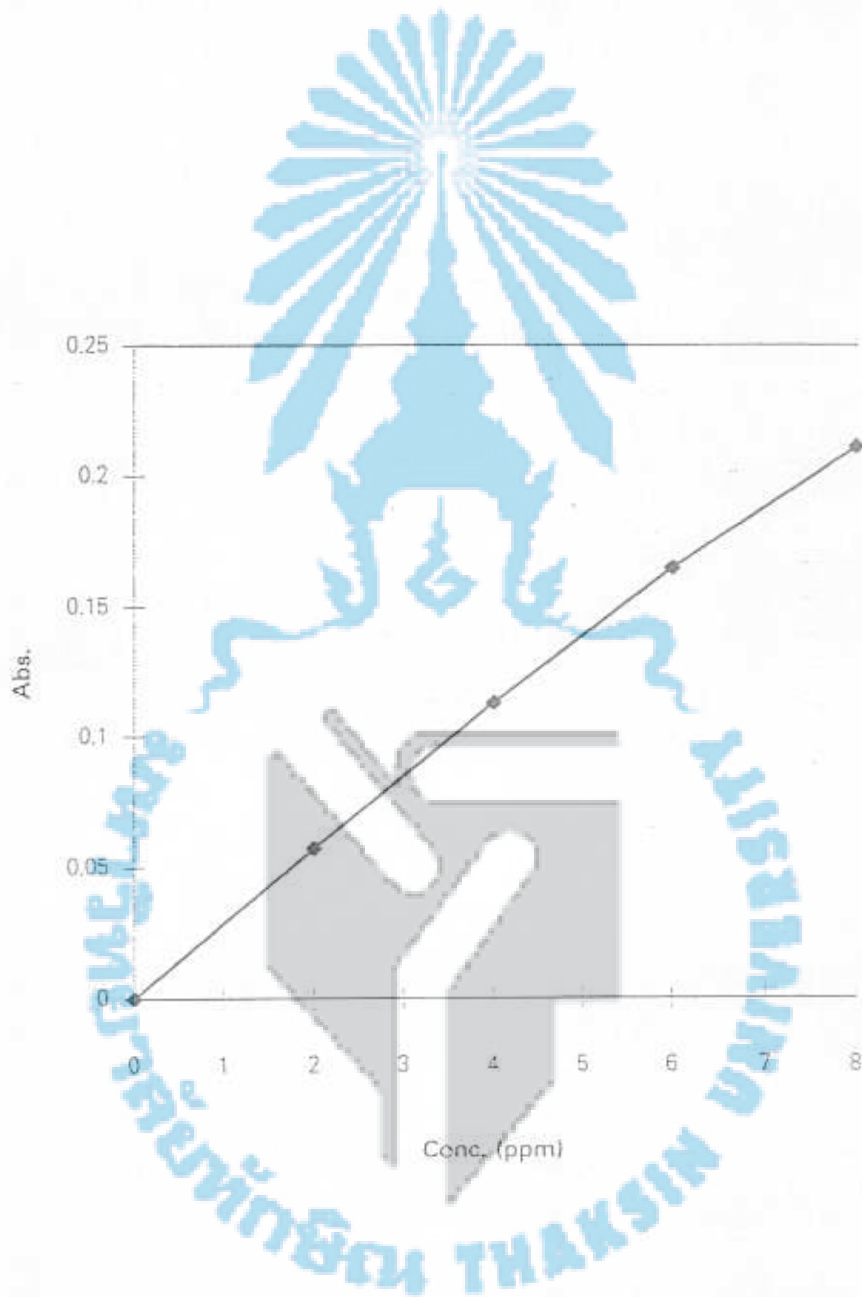
จากค่าการดูดกลืนแสง ที่วัดได้สามารถนำไปสร้างกราฟมาตรฐาน (standard curve) ของ Pb และ Cr ได้ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2

เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำแล้ว นำไปคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในตัวอย่างน้ำได้จากสมการ

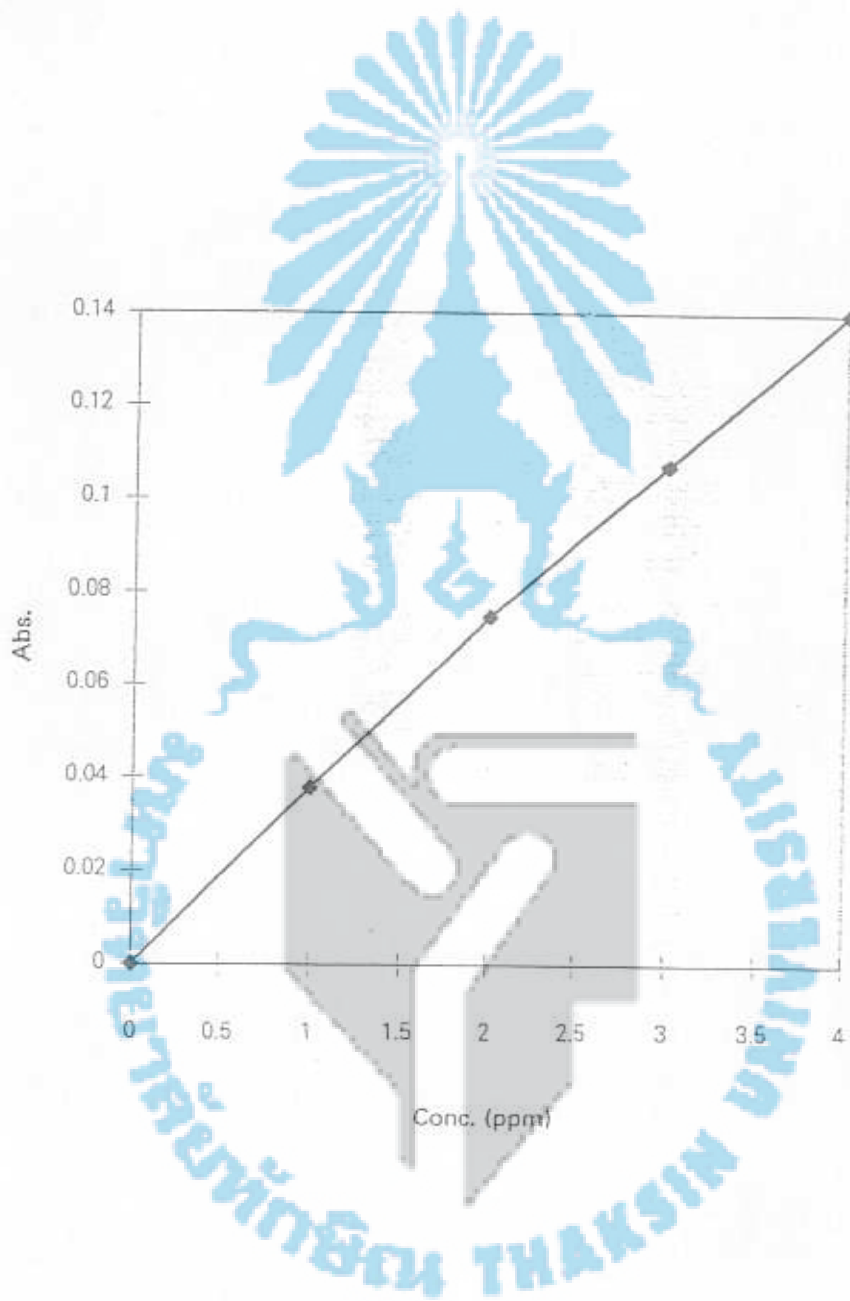
$$\text{Actual Conc. (ppm)} = \text{Conc. (ppm)} \times M \times L/W$$

เมื่อ Conc. คือ ความเข้มข้นที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน

M	คือ	dilution factor
L	คือ	ปริมาตรของสารละลายตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
W	คือ	น้ำหนักของตัวอย่างที่ชั่งมา (g)



รูปที่ 4.1 แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายตะกั่ว



รูปที่ 4.2 แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายโครเมียม

4.3 ผลการวิจัย

น้ำสี 0.5 กรัม ละลายในน้ำ Deionized 1,000 มิลลิลิตร นำไปหาปริมาณตะกั่วและโครเมียม โดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี พบปริมาณตะกั่วและโครเมียมเฉลี่ยเท่ากับ 0.130 และ 0.022 ppm ตามลำดับ

× ปริมาณตะกั่ว และโครเมียมในน้ำทิ้งจากการข้อมสึกระจุคที่บริเวณทะเลน้อย จากการวัดปริมาณโดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี แสดงได้ดังตารางที่ 4.3 , 4.4 , 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณ ตะกั่ว และโครเมียมในน้ำทิ้งจากการข้อมสึกระจุคที่บริเวณทะเลน้อย ครั้งที่ 1 จำนวน 10 ตัวอย่าง

จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	ปริมาณโลหะหนัก (ppm)	
	Pb	Cr
จุดที่ 1	0.050	0.068
จุดที่ 2	0.070	0.013
จุดที่ 3	0.100	0.021
จุดที่ 4	0.070	0.011
จุดที่ 5	0.060	0.017
จุดที่ 6	0.070	0.024
จุดที่ 7	0.070	0.011
จุดที่ 8	0.080	0.022
จุดที่ 9	0.070	0.019
จุดที่ 10	0.080	0.018

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณ ตะกั่ว และโครเมียมในน้ำทิ้งจากการข้อม
 สักระจุดที่บริเวณทะเลน้อย ครั้งที่ 2 จำนวน 10 ตัวอย่าง

จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	ปริมาณโลหะหนัก (ppm)	
	Pb	Cr
จุดที่ 1	0.070	0.006
จุดที่ 2	0.060	0.017
จุดที่ 3	0.120	0.015
จุดที่ 4	0.070	0.011
จุดที่ 5	0.070	0.009
จุดที่ 6	0.100	0.017
จุดที่ 7	0.100	0.002
จุดที่ 8	0.090	0.015
จุดที่ 9	0.100	0.012
จุดที่ 10	0.070	0.008

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณ ตะกั่ว และโครเมียมในน้ำทิ้งจากการข้อม
 สักระจุดที่บริเวณทะเลน้อย ครั้งที่ 3 จำนวน 10 ตัวอย่าง

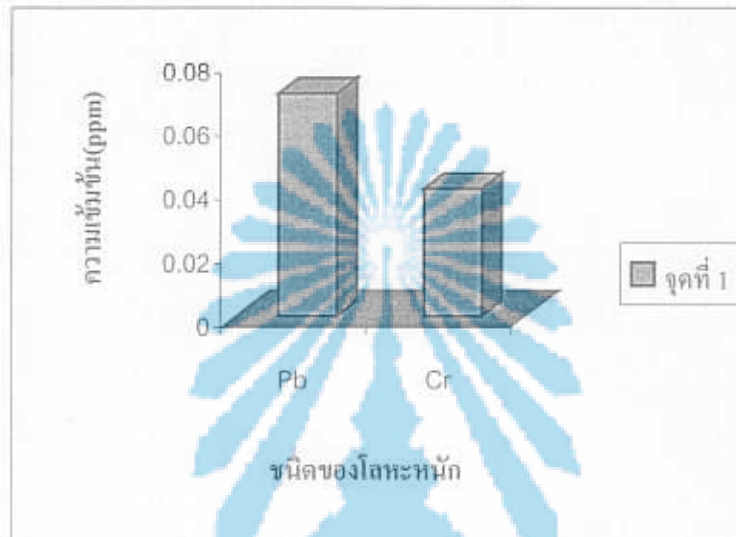
จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	ปริมาณโลหะหนัก (ppm)	
	Pb	Cr
จุดที่ 1	0.090	0.047
จุดที่ 2	0.100	0.046
จุดที่ 3	0.150	0.045
จุดที่ 4	0.060	0.050
จุดที่ 5	0.110	0.044
จุดที่ 6	0.080	0.047
จุดที่ 7	0.070	0.043
จุดที่ 8	0.080	0.027
จุดที่ 9	0.070	0.030
จุดที่ 10	0.080	0.032

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณเฉลี่ยของโลหะหนักในน้ำทิ้งจากการขี้อมสึกระจุด

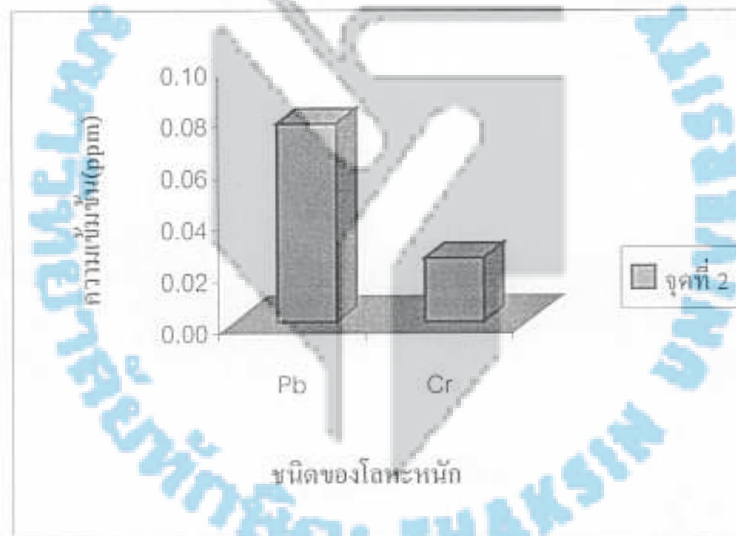
จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าเฉลี่ย (ppm)	
	Pb	Cr
จุดที่ 1	0.070	0.040
จุดที่ 2	0.077	0.025
จุดที่ 3	0.123	0.027
จุดที่ 4	0.067	0.024
จุดที่ 5	0.080	0.023
จุดที่ 6	0.083	0.029
จุดที่ 7	0.080	0.019
จุดที่ 8	0.083	0.021
จุดที่ 9	0.080	0.020
จุดที่ 10	0.077	0.019



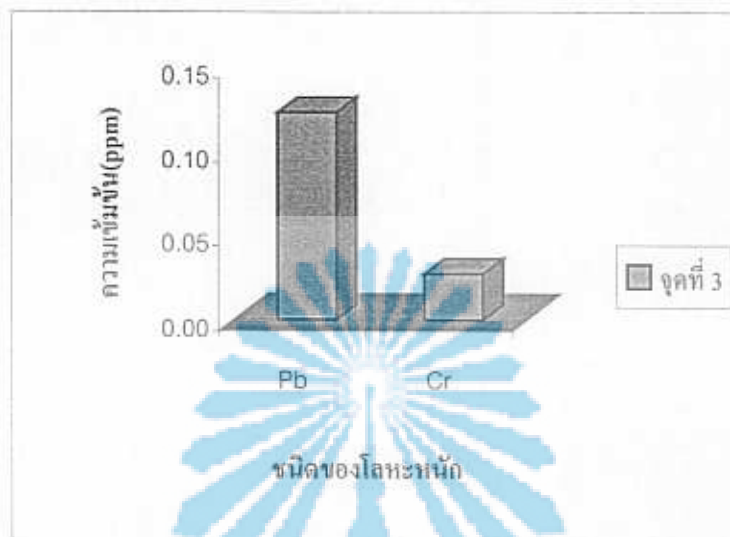
นำค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำทิ้งจากการย้อมสีกระดาษมาเขียนกราฟเปรียบเทียบกันจะได้กราฟดังนี้



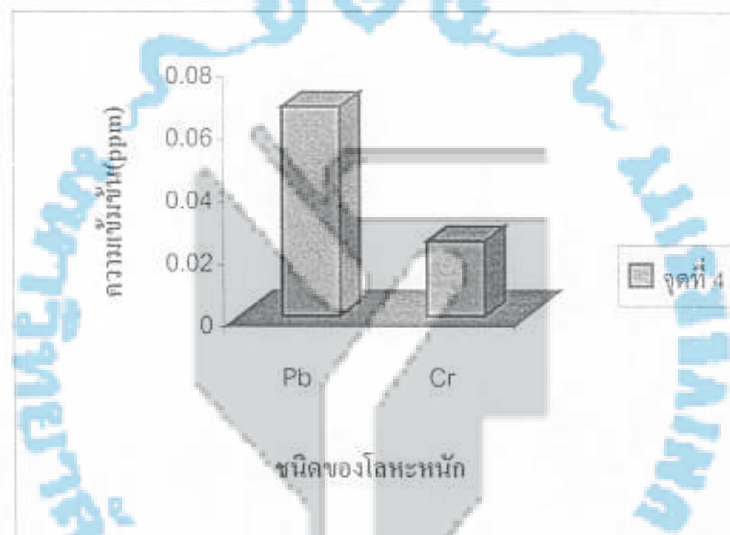
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในน้ำทิ้งจากการย้อมสีกระดาษที่บริเวณทะเลน้อย จุดที่ 1



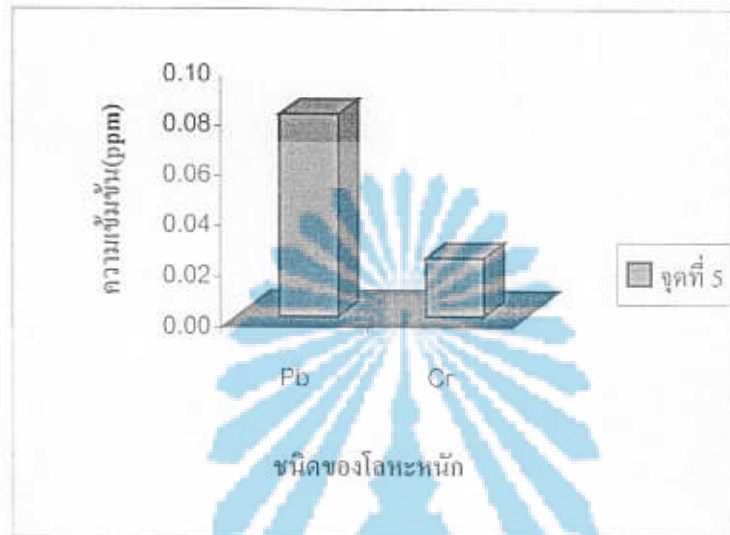
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในน้ำทิ้งจากการย้อมสีกระดาษที่บริเวณทะเลน้อย จุดที่ 2



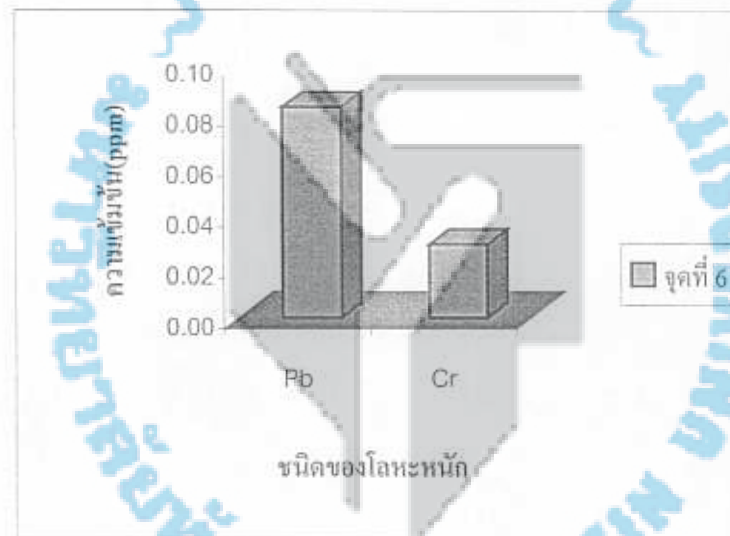
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในน้ำที่จากการข้อมูติกระจุดที่บริเวณทะเลน้อย จุดที่ 3



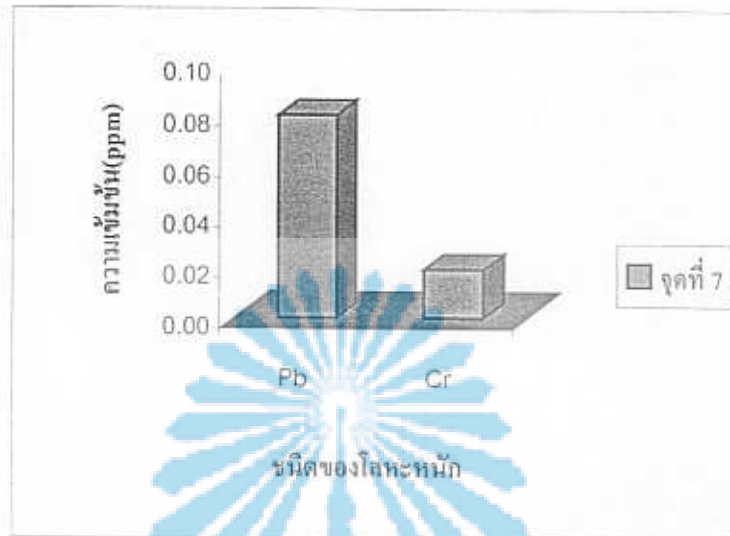
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในน้ำที่จากการข้อมูติกระจุดที่บริเวณทะเลน้อย จุดที่ 4



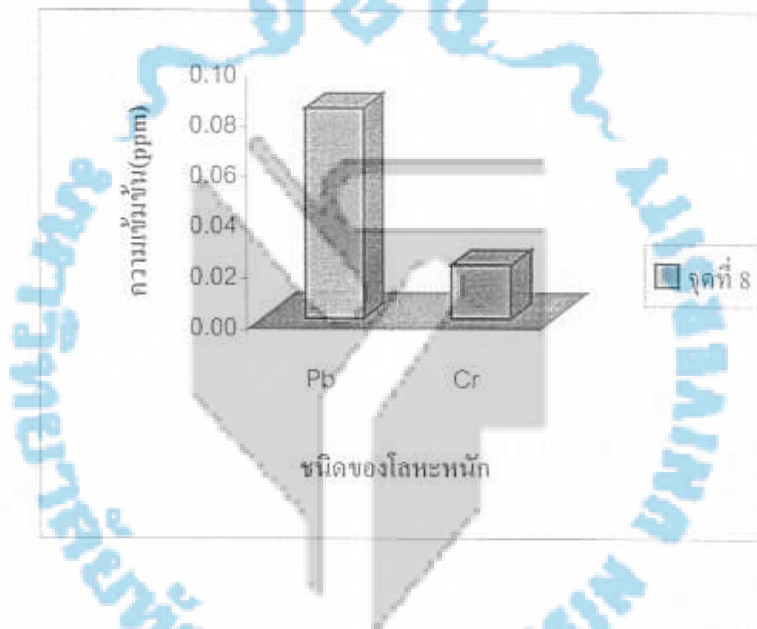
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในน้ำที่จากการขุดลอกที่บริเวณทะเลน้อย จุดที่ 5



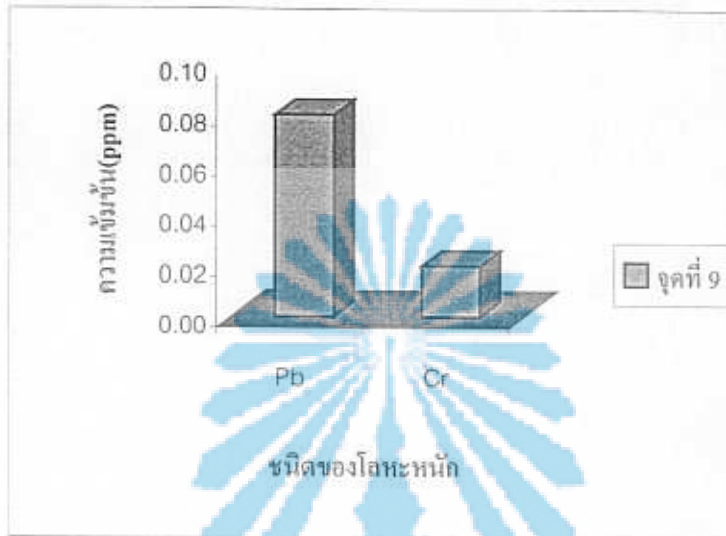
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในน้ำที่จากการขุดลอกที่บริเวณทะเลน้อย จุดที่ 6



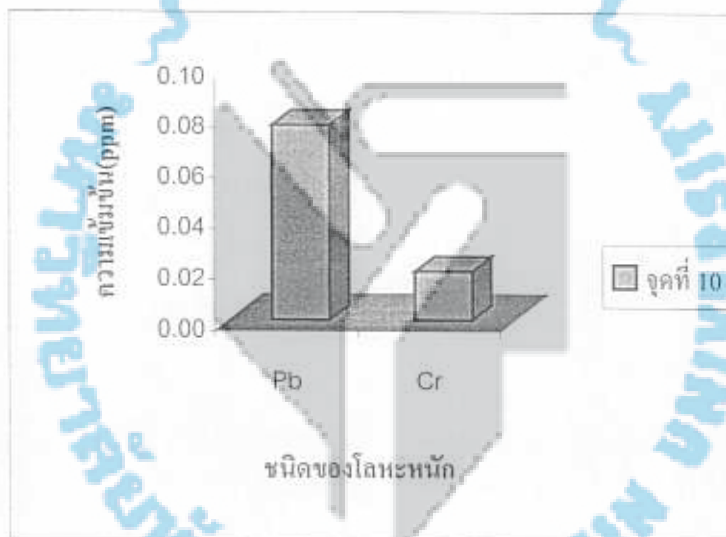
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในน้ำที่จากการเยี่ยมชมสระจุดที่บริเวณทะเลน้อย จุดที่ 7



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในน้ำที่จากการเยี่ยมชมสระจุดที่บริเวณทะเลน้อย จุดที่ 8



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในน้ำทิ้งจากการย่อยสีกะจุดที่บริเวณทะเลน้อย จุดที่ 9



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในน้ำทิ้งจากการย่อยสีกะจุดที่บริเวณทะเลน้อย จุดที่ 10

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

- การศึกษาการปนเปื้อนของตะกั่วและโครเมียมในน้ำทิ้งจากการข้อมลึกระจุดที่ทะเลน้อย พบว่าในตัวอย่างน้ำทิ้งทั้ง 10 ตัวอย่าง มีปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง 0.050 – 0.123 ppm

ตัวอย่างน้ำทิ้งจุดที่ 3 เป็นตัวอย่างน้ำที่มีการปนเปื้อนของตะกั่วสูงสุด คือ 0.123 ppm และตัวอย่างน้ำทิ้งจุดที่ 1 เป็นตัวอย่างน้ำที่มีการปนเปื้อนของตะกั่วต่ำสุดคือ 0.050 ppm เมื่อเฉลี่ยค่าปริมาณตะกั่วที่ปนเปื้อนอยู่ทั้ง 10 ตัวอย่างน้ำมีค่าเท่ากับ 0.082 ppm

- และการศึกษาการปนเปื้อนของตะกั่วและโครเมียมในน้ำทิ้งจากการข้อมลึกระจุดที่ทะเลน้อย พบว่าในตัวอย่างน้ำทิ้งทั้ง 10 ตัวอย่าง มีปริมาณโครเมียมอยู่ในช่วง 0.002 – 0.068 ppm

ตัวอย่างน้ำทิ้งจุดที่ 1 เป็นตัวอย่างน้ำที่มีการปนเปื้อนของโครเมียมสูงสุดคือ 0.068 ppm และ ตัวอย่างน้ำทิ้งจุดที่ 7 เป็นตัวอย่างน้ำที่มีการปนเปื้อนของโครเมียมต่ำสุด คือ 0.002 ppm เมื่อเฉลี่ยค่าปริมาณโครเมียมที่ปนเปื้อนอยู่ทั้ง 10 ตัวอย่างน้ำ จะมีค่าเท่ากับ 0.025 ppm

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยที่ปรากฏอยู่ในตารางที่ 4.3 , 4.4 , 4.5 และ 4.6 อธิบายได้ดังนี้

*การปนเปื้อนของตะกั่วในตัวอย่างน้ำ

พบปริมาณตะกั่วในสีที่ใช้สำหรับข้อมลึกระจุดมีค่าเท่ากับ 0.130 ppm ซึ่งค่าที่พบนี้มีปริมาณสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดให้มิได้ และการปนเปื้อนของตะกั่วในตัวอย่างน้ำจากการข้อมลึกระจุดที่บริเวณทะเลน้อยทั้ง 10 ตัวอย่างเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.082 ppm แสดงให้เห็นว่าปริมาณตะกั่วที่ปนเปื้อนสูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินซึ่งมิใช่ทะเล โดยกำหนดให้มิได้ไม่เกิน 0.05 ppm

สาเหตุที่ทำให้ปริมาณตะกั่วในตัวอย่างน้ำทิ้งจากการข้อมลึกระจุดมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน ประเด็นหลักเนื่องมาจากดีข้อมลึกระจุดซึ่งพบว่ามีตะกั่วปนเปื้อนถึง 0.130 ppm ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานดังกล่าวแล้ว หรือหากจะปนเปื้อนจากกิจกรรมอื่น ๆ ได้บ้าง เช่น จากร้านซ่อมจักรยานยนต์ที่ทิ้งแบตเตอรี่ที่เสื่อมสภาพแล้ว จากการรั่วของน้ำมันจากเรือยนต์ และทิ้งขยะบางประเภทที่ปนเปื้อนตะกั่วลงสู่แหล่งน้ำ เป็นต้น

พบปริมาณโครเมียมในสีที่ใช้สำหรับย้อมกระดาษมีค่าเท่ากับ 0.022 ppm ซึ่งค่าที่พบนี้มีปริมาณสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดให้มีได้ และการปนเปื้อนของโครเมียมในตัวอย่างน้ำจากการย้อมสีกระดาษที่บริเวณทะเลน้อยทั้ง 10 ตัวอย่าง เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.025 ppm แสดงให้เห็นว่าปริมาณโครเมียมที่ปนเปื้อนมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินซึ่งมีใช้ทะเล โดยกำหนดให้มีได้ไม่เกิน 0.05 ppm อย่างไรก็ตามจะมีตัวอย่างน้ำที่บางจุดที่มีปริมาณโครเมียมสูงกว่าค่ามาตรฐานอยู่เล็กน้อย/ เช่น จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 ที่จุดนี้การปนเปื้อนของโครเมียมอาจจะมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติเองที่เกิดการปนเปื้อนอยู่ก่อนแล้ว หรือมาจากแหล่งชุมชน หรืออุตสาหกรรมในครัวเรือน/ เป็นต้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาการปนเปื้อนของตะกั่วและโครเมียมในน้ำที่จากการย้อมสีกระดาษที่บริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง กรณีของโครเมียมในน้ำที่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดให้มีได้ แต่ปริมาณตะกั่วในน้ำที่สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด ต้องควบคุมการใช้สีเพื่อย้อมกระดาษ ควรใช้สีย้อมชนิดอื่นที่มีการปนเปื้อนตะกั่วให้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด
2. ควรระมัดระวังการกินอาหารทะเล ซึ่งได้แก่ กุ้ง หอย ปู ปลา บริเวณคลองกลางบ้านอ่าวเข้ ทะเลน้อย เพราะสัตว์ทะเลดังกล่าวอาจจะสะสมปริมาณตะกั่วมาก เมื่อประชาชนจากแหล่งชุมชนทะเลน้อยบริโภคเข้าไปเป็นประจำทำให้เกิดสะสมในร่างกายจนอาจถึงอันตรายแก่ชีวิตได้ หากเป็นไปได้ควรตรวจปริมาณตะกั่วและโครเมียมในเลือดของประชาชนบริเวณดังกล่าวด้วย
3. ควรตรวจสอบการปนเปื้อนตะกั่วและโครเมียมบริเวณริมทะเลสาบสงขลาด้านทิศตะวันออกของแหล่งชุมชนทะเลน้อยซึ่งอยู่ในแนวเดียวกันกับอุทยานเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อยควบคู่กันไปด้วย

บรรณานุกรม

- กรมอนามัย , คู่มือตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี , โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ,
กระทรวงสาธารณสุข , 2527 , 253 หน้า.
- จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก , ถ้ายึดจากสารพิษ , บริษัท เซนชูสตุลีโอ แอนด์ กราฟิค ดีไซน์ จำกัด ,
188 หน้า.
- ณรงค์ศิลป์ รูปพนม , เคมีของสีย้อมกับผลิตภัณฑ์หัตถกรรมไทย , สสวท, 16(4) ค.ศ. - ๕.ศ.
2531 , 9 - 12.
- นันทยา ชานูมาส, ความเป็นพิษและมลพิษของสีย้อมและสารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ,
Thai Environmental Engineering Journal, ก.ศ. - ศ.ศ. 2539 , 32-34.
- เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต , แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ , โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2539 ,
318 หน้า.
- พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล , ผงสี , วารสารวิทยาศาสตร์ , 28(11) 2527 , 605 - 611.
- มณฑา จันทร์เกตุเอียด , วิทยาศาสตร์สิ่งทอเบื้องต้น , หจก.ฮอร์ตันซัยการพิมพ์ , 2541 , 330 หน้า.
- มัจฉานา พงษ์ไทยพัฒน์ , สีสำหรับย้อมผ้า , วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ , 123 , พ.ศ. 2533.
20-22.
- แม่น อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม , หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ , หจก.ชวน
พิมพ์, หน้า 17-32 และ 322-385 , 2534.
- วินิจ โคอุจนารา , สีย้อม , อุตสาหกรรม, 9(4) ตุลาคม 2498 , 3-9.
- อัญฉราพร ไสละสูต , คู่มือการย้อมพิมพ์ , พิมพ์ครั้งที่ 9 กรุงเทพฯเทคนิค 19 การพิมพ์ , 2527 ,
3-9.
- Analytical Methods Committee , Determination of Small Amounts of Lead in Organic
Matter by Atomic Absorption Spectrometry , Analyst, 1975, 100 : 899-
902.
- Bradford, Yorkshire , Society of Dyes and Colourists , Colour Index, 1971 , vol. 5 3 rd. ed.
- Green, Arthur G, The Analysis of dyestuffs and their identification in dyed and coloured
material, lake - pigments, foodstuffs , 3 rd ed. London : Charles Griffin, 1920 ,
p. 9-14.
- Greenberg, Arnold E. Cleseceri, Lenore S. and Eaton, Andrew D., Standard Methods for
the Examination for Water and Wastewater, 18th ed., 1992.

Hall, Archibald John, **A Handbook of textile dyeing and printing** , London : National Trade Press, 1955, p.46-66.

Laitinen , H.A, **Heavy Metals in the Aquatic Environment : An International Conference** , Oxford : Pargamon Press, 1975 ,p. 73-84.

Piotrowski , J.K. and Coleman, D.O, **Environment Hazards of Heavy Metals Summary Evaluation of Lead Cadmium and Mercury** , 1980, p. 1-18.

Stupar, J. and Dolinsek, F, **Determination of Chromium Manganese Lead and Cadmium in Biological Samples Including Air Using Direct Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry : Spectrochimica Acta**, 1996 , 51 , p.665-683.





(สำเนา)

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

ฉบับที่ 8 (พ.ศ. ๒๕๓๗)

ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

พ.ศ. ๒๕๓๕

เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๒ (๑) แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ประกาศกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ไว้ดังต่อไปนี้

หมวด ๑

บททั่วไป

ข้อ ๑ ในประกาศนี้

“แหล่งน้ำผิวดิน” หมายถึง แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ และแหล่งน้ำสาธารณะอื่นๆ ที่อยู่ภายในผืนแผ่นดิน ซึ่งหมายความรวมถึงแหล่งน้ำสาธารณะที่อยู่ภายในผืนแผ่นดินบนเกาะด้วย แต่ไม่รวมถึงน้ำบาดาล และในกรณีที่แหล่งน้ำนั้นอยู่ติดกับทะเลให้หมายความถึงแหล่งน้ำที่อยู่ภายในปากแม่น้ำหรือปากทะเลสาบ

ปากแม่น้ำและปากทะเลสาบให้ถือแนวเขตตามที่กรมเจ้าท่ากำหนด

หมวด ๒

ประเภทและมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ข้อ ๒ ให้แบ่งแหล่งน้ำผิวดินออกเป็น ๕ ประเภทคือ แหล่งน้ำประเภทที่ ๑ แหล่งน้ำประเภทที่ ๒ แหล่งน้ำประเภทที่ ๓ แหล่งน้ำประเภทที่ ๔ และแหล่งน้ำประเภทที่ ๕

(๑) แหล่งน้ำประเภทที่ ๑ ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- (ก) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน
- (ข) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน
- (ค) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

(๒) แหล่งน้ำประเภทที่ ๒ ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(ก) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

- (ข) การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมน้ำ
- (ค) การประมง
- (ง) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

(๓) แหล่งน้ำประเภทที่ ๓ ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(ก) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

- (ข) การเกษตร

(๔) แหล่งน้ำประเภทที่ ๔ ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(ก) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน

- (ข) การอุตสาหกรรม

(๕) แหล่งน้ำประเภทที่ ๕ ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

ข้อ ๓ คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ ๑ ต้องมีสภาพตามธรรมชาติ และสามารถใช้ประโยชน์ได้ตามข้อ ๒ (๑)

ข้อ ๔ คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ ๒ ต้องมีมาตรฐานดังนี้

(๑) ไม่มีวัตถุหรือสิ่งของที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ซึ่งจะทำให้สี กลิ่น และรสชาติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปตามธรรมชาติ

(๒) อุณหภูมิ (Temperature) ไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติ เกิน ๓ องศาเซลเซียส

(๓) ความเป็นกรดและด่าง (pH) มีค่าระหว่าง ๕.๐ - ๙.๐

(๔) ออกซิเจนละลาย (DO) มีค่าไม่น้อยกว่า ๖.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๕) บีโอดี (BOD) มีค่าไม่เกินกว่า ๑.๕ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๖) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacterial) มีค่าไม่เกินกว่า ๕,๐๐๐ เอ็ม.พี.เอ็น ต่อ ๑๐๐ มิลลิลิตร

(๗) แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacterial) มีค่าไม่เกินกว่า ๑,๐๐๐ เอ็ม.พี.เอ็น ต่อ ๑๐๐ มิลลิลิตร

(๘) ไนเตรต (NO_3) ในหน่วยไนโตรเจนมีค่าไม่เกินกว่า ๕.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๙) แอมโมเนีย (NH_3) ในหน่วยไนโตรเจน มีค่าไม่เกินกว่า ๐.๕ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๑๐) ฟีนอล (Phenols) มีค่าไม่เกินกว่า ๐.๐๐๕ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๑๑) ทองแดง (Cu) มีค่าไม่เกินกว่า ๐.๑ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๑๒) นิกเกิล (Ni) มีค่าไม่เกินกว่า ๐.๑ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๑๓) แมงกานีส (Mn) มีค่าไม่เกินกว่า ๑.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๑๔) สังกะสี (Zn) มีค่าไม่เกินกว่า ๑.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๑๕) แคดเมียม (Cd) ในน้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO_3 ไม่เกินกว่า ๑๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าไม่เกินกว่า ๐.๐๐๕ มิลลิกรัมต่อลิตร และในน้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO_3 เกินกว่า ๑๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าไม่เกินกว่า ๐.๐๕ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๑๖) โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Cr hexavalent) มีค่าไม่เกินกว่า ๐.๐๕ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๑๗) ตะกั่ว (Pb) มีค่าไม่เกินกว่า ๐.๐๕ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๑๘) ปรอททั้งหมด (Total Hg) มีค่าไม่เกินกว่า ๐.๐๐๒ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๑๙) สารหนู (As) มีค่าไม่เกินกว่า ๐.๐๑ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๒๐) ไซยาไนด์ (Cyanide) มีค่าไม่เกินกว่า ๐.๐๐๕ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๒๑) กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) มีค่ารังสีแอลฟา (Alpha) ไม่เกินกว่า 0.1 แบคเคอเรลต่อลิตร และรังสีเบต้า (Beta) ไม่เกินกว่า 0.1 แบคเคอเรลต่อลิตร

(๒๒) สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides) มีค่าไม่เกินกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร

(๒๓) ดีดีที (DDT) มีค่าไม่เกินกว่า 1 ไมโครกรัมต่อลิตร

(๒๔) บีเฮกซ์ชนิดแอลฟา (Alpha - BHC) มีค่าไม่เกินกว่า 0.02 ไมโครกรัมต่อลิตร

(๒๕) ดิลดริน (Dieldrin) มีค่าไม่เกินกว่า 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร

(๒๖) อัลดริน (Aldrin) มีค่าไม่เกินกว่า 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร

(๒๗) เฮปตาคลอร์ (Heptachlor) และเฮปตาคลอร์อีพอกไซด์ (Heptachlorepoxyde) มีค่าไม่เกินกว่า 0.2 ไมโครกรัมต่อลิตร

(๒๘) เอนดริน (Endrin) ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด

ข้อ ๕ คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ ๓ ต้องมีมาตรฐานตามข้อ ๔ เว้นแต่

(๑) ออกซิเจนละลาย มีค่าไม่น้อยกว่า ๔.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๒) บีโอดี มีค่าไม่เกินกว่า ๒.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๓) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด มีค่าไม่เกินกว่า ๒๐,๐๐๐ เอ็ม.พี.เอ็น ต่อ

๑๐๐ มิลลิลิตร

(๔) แบคทีเรียกลุ่มฟิคอลโคลิฟอร์มทั้งหมด มีค่าไม่เกินกว่า ๔,๐๐๐ เอ็ม.พี.เอ็น ต่อ

๑๐๐ มิลลิลิตร

ข้อ ๖ คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ ๔ ต้องมีมาตรฐานตาม ข้อ ๔ (๑) ถึง (๕) และ (๘) ถึง (๒๘) เว้นแต่

(๑) ออกซิเจนละลาย มีค่าไม่น้อยกว่า ๒.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๒) บีโอดี มีค่าไม่เกินกว่า ๔.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๗ คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ ๕ ต้องมีมาตรฐานต่ำกว่าคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ ๔

ข้อ ๘ การกำหนดให้แหล่งน้ำผิวดินแหล่งใดแหล่งหนึ่งเป็นประเภทใดตามข้อ ๒ ให้เป็นไปตามที่กรมควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา

หมวด ๓

วิธีการเก็บตัวอย่างและตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ข้อ ๙ การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจสอบคุณภาพตามข้อ ๓ ถึงข้อ ๗ ให้ใช้วิธีการดังต่อไปนี้

(๑) แหล่งน้ำไหล ซึ่งได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง เป็นต้น ให้เก็บที่จุดกึ่งกลางความกว้างของแหล่งน้ำที่ระดับกึ่งกลางความลึก ณ จุดตรวจสอบ เว้นแต่แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟิคอลโคลิฟอร์ม ให้เก็บที่ระดับความลึก ๓๐ เซนติเมตร ณ จุดตรวจสอบ

(๒) แหล่งน้ำนิ่ง ซึ่งได้แก่ ทะเลสาบ หนอง บึง อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น ให้เก็บที่ระดับความลึก ๑ เมตร ณ จุดตรวจสอบสำหรับแหล่งน้ำที่มีความลึกเกินกว่า ๒ เมตร และให้เก็บที่จุดกึ่งกลางความลึก ณ จุดตรวจสอบสำหรับแหล่งน้ำที่มีความลึกไม่เกิน ๒ เมตร เว้นแต่แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดและแบคทีเรียกลุ่มฟิคอลโคลิฟอร์ม ให้เก็บที่ระดับความลึก ๓๐ เซนติเมตร ณ จุดตรวจสอบ

จุดตรวจสอบ (๑) และ (๒) ของแหล่งน้ำที่กำหนดตามข้อ ๙ ให้เป็นไปตามที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด

ข้อ ๑๐ การตรวจสอบคุณภาพน้ำตามข้อ ๓ ถึงข้อ ๗ ให้ใช้วิธีการดังต่อไปนี้

- (๑) การตรวจสอบอุณหภูมิ ให้ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ
- (๒) การตรวจสอบค่าความเป็นกรดและด่าง ให้ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH Meter) ตามวิธีการหาค่าแบบอิเล็กโตรเมตริก (Electrometric)
- (๓) การตรวจสอบค่าออกซิเจนละลาย ให้ใช้วิธีอะไซด์โมดิฟิเคชัน (Azide Modification)
- (๔) การตรวจสอบค่าบีโอดี ให้ใช้วิธีอะไซด์โมดิฟิเคชัน (Azide Modification) ที่อุณหภูมิ ๒๐ องศาเซลเซียส เป็นเวลา ๕ วันติดต่อกัน
- (๕) การตรวจสอบค่าแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และค่าแบคทีเรียกลุ่มฟิคอลโคลิฟอร์ม ให้ใช้วิธีมัลติเทิล ทิวป์ เฟอริเมนเตชัน เทคนิค (Multiple Tube Fermentation Technique)
- (๖) การตรวจสอบค่าไนเตรทในหน่วยไนโตรเจน ให้ใช้วิธีแคดเมียมรีดักชัน (Cadmium Reduction)
- (๗) การตรวจสอบค่าแอมโมเนียในหน่วยไนโตรเจน ให้ใช้วิธีดีสติลลेशनเนสส์เลอร์ไรเซชัน (Distillation Nesslerization)
- (๘) การตรวจสอบค่าฟีนอล ให้ใช้วิธีดีสติลลेशन 4-อะมิโนแอนติไพรีน (Distillation, 4- Amino antipyrine)
- (๙) การตรวจสอบค่าทองแดง นิกเกิล แมงกานีส สังกะสี แคดเมียม โครเมียม ชนิดอิเล็กทราไลต์ และตะกั่ว ให้ใช้วิธีอะตอมมิก แอ็บซอร์ปชัน - ไดเรค แอสไพเรชัน (Atomic Absorption - Direct Aspiration)
- (๑๐) การตรวจสอบค่าปรอททั้งหมด ให้ใช้วิธีอะตอมมิก แอ็บซอร์ปชัน โคลด์เวปเปอร์ เทคนิค (Atomic Absorption Cold Vapor Technique)
- (๑๑) การตรวจสอบค่าสารหนู ให้ใช้วิธีอะตอมมิก แอ็บซอร์ปชัน แก๊สไฮไดรด์ (Atomic Absorption - Gaseous Hydride)
- (๑๒) การตรวจสอบค่าไซยาไนด์ ให้ใช้วิธีไพริดีน บาร์บิทูริก แอซิด (Pyridine - Barbituric Acid)
- (๑๓) การตรวจค่ากัมมันตภาพรังสี ให้ใช้วิธีโลว์ แบ็คกราวด์ พร็อพพอร์ชันนอลเคาน์เตอร์ (Low Background Proportional Counter)

(๑๔) การตรวจสอบค่าสารศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด ดีดีที บีเอสซี ชนิดแอลฟา ดีลดริน อีลดริน เฮปตาคลอริอีปอกไซด์ และเอนดริน ใช้วิธีการโครมาโตกราฟี (Gas - Chromatography)

ข้อ ๑๑ การตรวจสอบค่าออกซิเจนละลายให้ใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 20 (20th Percentile Value) ส่วนการตรวจสอบค่าบีโอดี แบบที่เรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดและแบบที่เรียกลุ่มฟิคอลโคลิฟอร์ม ให้ใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 โดยจำนวนและระยะเวลาสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำดังกล่าว ให้เป็นไปตามที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด

ข้อ ๑๒ การเก็บตัวอย่างน้ำตามข้อ ๙ และการตรวจสอบคุณภาพน้ำตามข้อ ๑๐ จะต้องเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย (Standard Methods for American Examination of Water and Wastewater) ซึ่ง American Public Health Association และ American Water Works Association กับ Water Pollution Control Federation ของสหรัฐอเมริการ่วมกัน กำหนดไว้ด้วย

ประกาศ ณ วันที่ ๒๐ มกราคม พ.ศ. ๒๕๓๗

ชวน หลีกภัย

(นายชวน หลีกภัย)

นายกรัฐมนตรี

ประธานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

(ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่ม ๑๑๑ ตอนที่ ๑๖ วันที่ ๒๔ กุมภาพันธ์ ๒๕๓๗)