บทที่ 2
ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันนี้ปัญหาเกี่ยวกับโลหะหนักนับเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างยิ่งทั้งนี้เพราะสารพิษดังกล่าวมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจด้วยความเป็นพิษของโลหะหนักต่อสิ่งมีชีวิตนั้น จะขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของสิ่งมีชีวิตกับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไป การศึกษาผลกระทบของโลหะหนักมีมานานแล้ว แต่ที่ได้รับการยอมรับและเห็นผลชัดที่สุด คือ ประเทศญี่ปุ่นที่อ่าวมินามาตะเกิดโรคมินามาตะ เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่บริเวณอ่าวปล่อยน้ำเสียที่มีปรอทปนเปื้อนลงสู่อ่าว ทำให้เกิดการสะสมอยู่ในปลา เมื่อประชาชนบริเวณนั้นกินปลาที่มีปรอทสะสมอยู่เข้าไปก็จะทำให้มีการสะสมเอาไว้ในร่างกายจนถึงขีดที่เป็นอันตราย นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่าปรอทในสภาพของสารประกอบอินทรีย์ จะถูกจุลินทรีย์เปลี่ยนสภาพให้เป็นปรอทเมทธิล และปรอทไดเมทธิล ซึ่งสุดท้ายจะเกิดการตกตะกอนลงสู่ดินตะกอนใต้น้ำแต่ปรอทเมทธิลจะไม่คงตัว เมื่อทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในดินตะกอนและจะละลายกลับไปในน้ำได้อีก และในที่สุดจะเข้าสู่วงจรลูกโซ่อาหาร และสะสมอยู่ในปลาเป็นจำนวนมาก เนื่องจากปรอทเมทธิลจะถูกขับออกมาช้ามาก สำหรับโลหะหนักอื่น ๆ เช่น ตะกั่ว ทองแดง แคดเมียม โครเมียม สังกะสี และเหล็ก ก็สามารถเข้าสู่วงจรลูกโซ่อาหาร และสะสมในปลา และมนุษย์ได้เช่นเดียวกับปรอท (พรพิมล ห่อสุวรรณชัย, 2542 : 8)

2.1 โลหะหนัก

โลหะหนัก (Heavy metals) หมายถึง โลหะมีความถ่วงจำเพาะสูง ตั้งแต่ 5.0 ขึ้นไป โดยไม่รวมโลหะที่เป็นแอลคาไลน์ (Alkali) และโลหะหนักแอลคาไลน์เอิร์ท (Alkaliine earth) ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นธาตุในตารางธาตุที่มีเลขอะตอมอยู่ในช่วง 23-92 และอยู่ในช่วง 4-7 ของตารางธาตุ โลหะหนักจึงมีทั้งหมด 68 ธาตุ จากจำนวนธาตุที่เป็นโลหะหนักทั้งหมด 83 ธาตุ โดยทั่วไปโลหะหนักมีสถานะเป็นของแข็ง ยกเว้นปรอทที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ มีคุณสมบัติทางกายภาพ คือการนำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี มีความมันวาว เหนียว สามารถจะรวมตัวกับสารอื่น ๆ เป็นสารปาระกอบเชิงซ้อนได้หลายรูปแบบที่เสถียรกว่าโลหะอิสระ โดยเฉพาะเมื่อรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ (รัชดา บุญแก้ว และวรรณฤดี หวั่นเซ้ง, 2545 : 4)

2.1.1 ตะกั่ว

ตะกั่ว เป็นโลหะที่มีสถานะเป็นของแข็ง สีเทาเข้ม มีจุดหลอมเหลวต่ำ นำมาทำให้บริสุทธิ์ได้ง่าย ทนต่อการผุกร่อนได้ดี ละลายน้ำได้ดี และกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ตะกั่วมีอยู่ในรูปอิออนอิสระเป็นรูปที่มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยา และตะกั่วรูปนี้จะเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตมากที่สุด

ตะกั่วถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง ทำให้เกิดการปนเปื้อนของตะกั่วในสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยเกิดจากน้ำฝน ขยะ และน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ชุมชน การเกษตรกรรม รวมทั้งการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง จากการสำรวจปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในช่วงปี 2529 – 2531 ในแม่น้ำแม่กลอง พบว่ามีค่า

ไม่เกิน 10 ไมโครกรัม/ลิตร ตะกั่วที่พบปนเปื้อนอยู่ในธรรมชาติ อาจอยู่ในรูปสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ลักษณะของดิน และน้ำสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีเป็นต้น และหากพื้นที่ใดมีตะกั่วปนเปื้อนอยู่มาก ก็จะตรวจพบว่าปริมาณตะกั่วในดินตะกอนมีมากตามไปด้วย เพราะเกิดจากากรสลายตัวของหิน และดินที่มีตะกั่วปนเปื้อนอยู่

ความเป็นพิษของโลหะตะกั่ว ปริมาณตะกั่วที่มีในเลือดประมาณ 0.25 ppm จะไม่เป็นพิษถ้าได้รับในปริมาณมากในทันทีทันใดเช่นพบในเลือดมากกว่า 0.8 ppm เกิดเป็นพิษฉับพลันได้ในปัสสาวะประมาณ 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับมาตรฐานของตะกั่วในอากาศ ในบริเวณที่ทำงานกำหนดไว้ว่าไม่ควรเกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศสำหรับคนงานที่งาน 8 ชั่วโมง/วัน หรือ 40 – 42 ชั่วโมง/สัปดาห์ ความเป็นพิษของตะกั่วจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีสังกะสีและปรอทรวมอยู่ด้วย (ไมตรี สุทธิจิตต์, 2531 : 75)

วงพันธ์ ลิมปเสนีย์ และคณะ (2540 : 46) ได้อธิบายธาตุตะกั่วไว้ว่าตะกั่ว (Pb) เป็นโลหะอ่อนสีเทาเงินหรือแกมน้ำเงิน เกิดขึ้นตามธรรมชาติในเปลือกโลก (Earth crust) ในระดับความเข้มข้นประมาณ 13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นธาตุที่อยู่ในกลุ่มของธาตุเรพรีเซนเตติฟ (Representative element) โดยมีเลขอะตอม 82 มวลอะตอม 207.19 มีจุดหลอมเหลวที่ 324.4 องศาเซลเซียส จุดเดือนที่ 1,740 องศาเซลเซียส อยู่ในกลุ่มธาตุหมู่ IVA ของตารางธาตุ มีเลขออกซิเดชั่น คือ 2+ และ 4+ แต่โดยส่วนใหญ่จะมีเลขออกซิเดชั่นเท่ากับ 2+ ตะกั่วมีน้ำหนักมาก หนักกว่าเหล็กประมาณ 2 เท่า และหนักกว่าเงินประมาณ 3 เท่า เป็นโลหะที่อ่อน สามารถทุบ รีด หลอมได้ง่าย ง่ายต่อการตัดขึ้นรูป จึงนำมาใช้ทำเป็นแผ่นหรือท่อ ทนต่อการผุกร่อนได้ดี ทนต่อกรดกำมะถัน และกรดเกลือโดยทั่วไป ไม่ละลายน้ำแต่ละลายได้อย่างช้า ๆ ในกรดดินประสิวและละลายได้บ้างในสารประกอบ อะซิเตทและไนเตรท

2.1.1.1 แหล่งกำเนิด

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา (2540 : 237-238) และวงพันธ์ ลิมปเสนีย์ (2540 : 49)ได้อธิบายว่าตะกั่วเป็นธาตุที่มีการกระจายอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ ที่เปลือกโลกมีตะกั่วโดยเฉลี่ยประมาณ 10 ถึง 15 ส่วนในล้านส่วน (ppm) แต่ปรากฏเป็นธาตุอิสระน้อยมาก ตะกั่วที่พบในเปลือกโลกจึงอยู่ในรูปสารประกอบเป็นสินแร่ต่าง ๆ เช่น Galena (PbS), Cerussite ($PbCO_3$), Minium (Pb_3O_4), Wulfenite ($PbMnO_4$) และ Crocite ($PbCrO_4$) เป็นต้น หรือพบตะกั่วรวมอยู่กับโลหะอื่น ๆ เช่น ทองแดง สังกะสี เงินและแคดเมียม ตะกั่วในธรรมชาติมีแหล่งกำเนิดมาจากหินประเภทต่าง ๆ เช่น หินอัคนี (Igneous) และหินแปร (Metamorphic) ซึ่งมีตะกั่ว 10-20 มก.ต่อกก. นอกจากนี้ยังพบตะกั่วในดิน พืช น้ำ อากาศ โดยในดินมีปริมาณตะกั่วตั้งแต่ 1.5 ถึง 189 ส่วนในล้านส่วน (ppm) โดยเฉลี่ยสูงสุดไม่เกิน 70 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และค่าเฉลี่ยของตะกั่วในดินชนิดต่างๆมีค่าระหว่าง 22 ถึง 29 ส่วนในล้านส่วน (ppm) สำหรับปริมาณตะกั่วในพืชมีค่าระหว่าง 0.5 ถึง 3 ส่วนในล้านส่วน (ppm) สำหรับปริมาณตะกั่วที่เป็นพิษต่อพืชนั้นมีอยู่ระหว่าง 5 ถึง 500 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ในน้ำประมาณ 13.1 ส่วนในพันล้านส่วน (ppb) ในอากาศประมาณ 36 ไมโครกรัมต่อลิตร (µg/L)

การผลิตสารตะกั่วจำแนกออกได้เป็นสองประเภทใหญ่ ๆ คือ ตะกั่วปฐมภูมิ (Primary lead) และตะกั่วทุติยภูมิ (Secondary lead) ตะกั่วปฐมภูมินั้นเป็นการผลิตจากการถลุงแร่ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกาลีนา

(PbS) แล้วหลอมให้บริสุทธิ์ ส่วนตะกั่วทุติยภูมิ เป็นการหลอมเศษตะกั่ว ส่วนใหญ่ได้แก่แบตเตอรี่ แล้วนำกลับมาใช้อีก ในการผลิตทั้งสองประเภทนั้นทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนสารตะกั่วในสภาวะแวดล้อม

2.1.1.2 การนำมาใช้ประโยชน์

ตะกั่วถูกนำมาใช้ประโยชน์ใน 2 รูปแบบ คือ ในรูปของโลหะ โดยใช้ทำขั้วไฟฟ้าในแบตเตอรี่ หุ้มสายเคเบิล สายไฟฟ้า สายโทรศัพท์ ชุบเคลือบโลหะอื่นเพื่อป้องกันสนิมเชื่อมบัดกรีฉนวนกันมันตรังสี และในรูปสารประกอบทางเคมี เช่น เป็นสารผสมเพื่อเพิ่มค่าอ๊อกเทนในน้ำมันเบนซิน ทำเม็ดสีทำพลาสติก เป็นต้น นอกจากนี้ตะกั่วยังถูกนำมาใช้ในปุ๋ยและสารเคมีที่ใช้ในการเพิ่มผลผลิตและปราบศัตรูพืชและนำมาเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมทั่ว ๆ ไป เช่น ทำโลหะผสมทองเหลือง ทองบรอนซ์ ฟิวส์ ลูกปืน หมึกพิมพ์ เครื่องเคลือบ สีทาบ้าน เป็นต้น (พรพิมล ห่อสุวรรณชัย, 2542 : 11)

ตัวอย่างของสารตะกั่วที่พบบ่อย ๆ ได้แก่

- ตะกั่วโมโนออกไซ์ (Lead monoxide : PbO) หรือ Litharge ใช้เป็นสารสีเหลืองผสมสีทาบ้าน
- ตะกั่วไดออกไซ์ด์ (Lead dioxide : PbO_2) ใช้ทำเป็นขั้วอีเลคโตรดของแบตเตอรี่รถยนต์และเครื่องจักร
- ตะกั่วคาร์บอเนต (Lead Cabonate : PbO_3) ผสมกับ Lead hydoxide,$Pb(OH)_2$ รวมกันเรียกว่า " white lead " หรือตะกั่วขาว ผสมในฝุ่นสีขาว สีน้ำมัน หมึกพิมพ์ สีพลาสติก ฯลฯ
- ตะกั่วออกไซ์ด์ (Lead Oxide : Pb_3O_4) หรือ " Red lead " หรือ ตะกั่วแดงใช้เป็นสีทาโลหะเพื่อกันสนิม หรือที่ชาวบ้านเรียกว่าสีสำหรับโป๊ะรถยนต์
- ตะกั่วโครเมต (Lead Chromate : $PbCrO_4$) หรือ " Chrome yellow " ใช้ทำสีเหลืองสำหรับผสมในสีน้ำมัน สีพิมพ์ ผงฝุ่นสีเหลือง หมึกพิมพ์ ฯลฯ
- ตะกั่วอาร์เซเนต (Lead arsenate : $Pb(AsO_4)_2$) ใช้เป็นยาฆ่าแมลงและปราบศัตรูพืช
- ตะกั่วซิลิเกต (Lead silicate : $PbSiO_3$) ใช้ผสมในกระเบื้อง เครื่องเคลือบหรือเซรามิกเพื่อให้เกิดความเป็นเงางามและมีผิวเรียบ
- ตะกั่วเตตระเอธิล (Tatraethyl – Lead :Pb $(C_2H_5)_4$) และตะกั่วเตตระเมธิล(Tetramethylead : (Pb $(CH_3)_4$) เป็น " สารกันน็อค " หรือสารป้องกันการกระตุกของเครื่องยนต์เวลาทำงานทำให้ค่าออกเทนของน้ำมันสูงขึ้น (ไมตรี สุทธจิตต์, 2531 : 76-78)

2.1.1.3 การแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม

ตะกั่วสามารถแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้จากสภาพเหตุการณ์ธรรมชาติ โดยการพังทลายของเปลือกโลก และการเกิดภูเขาไฟและจากการกระทำของมนุษย์ เช่น จากการถลุงแร่ จากควัน น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงรถยนต์ทำให้เกิดไอที่มีสารประกอบตะกั่วสู่บรรยากาศ

แล้วเกิดการตกค้างในดินและในน้ำ การทิ้งกากตะกอนของน้ำเสีย มูลสัตว์ การใช้ปุ๋ย สารกำจัดศัตรูพืช แบตเตอรี่ที่เสื่อมสภาพ และขยะมูลฝอยลงสู่ดิน ทำให้เกิดการแพร่กระจายของตะกั่วลงสู่ดินและแหล่งน้ำ นอกจากนี้การใช้ตะกั่วในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น การทำเหมืองและการถลุงแร่ การทำแบตเตอรี่ การทำให้เกิดฝุ่น ควัน และน้ำเสียที่มีตะกั่วปะปนอยู่ สิ่งเหล่านี้เมื่อปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมย่อมทำให้เกิดการปนเปื้อนและสะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้โดยเฉพาะในบริเวณที่มีการทำการเกษตรในเมืองและชุมชนที่การจราจรหนาแน่นและบริเวณใกล้เคียงโรงงานอุตสาหกรรม (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2540 : 238)

2.1.1.4 การดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย

ตะกั่วที่มนุษย์ได้รับจากสิ่งแวดล้อมประมาณ 20 – 50% ผ่านทางอากาศ สำหรับตะกั่วที่มนุษย์ได้รับทางน้ำและอาหารในผู้ใหญ่จะดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดได้เพียง 10% แต่ในเด็กจะดูดซึมได้สูงถึง 40 - 50% (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2540 : 245) ซึ่งเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะกระจายไปอยู่ในอวัยวะต่าง ๆ เช่น สมอง ปอด ตับ ม้าม และมากที่สุด คือ ที่กระดูก ซึ่งจะอยู่ได้ยาวนานถึง 16 – 27 ปี ตามปกติตะกั่วจะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายทางใดทางหนึ่งอย่างช้า ๆ แต่ส่วนใหญ่จะเข้าสู่ 3 ทาง คือ ทางการหายใจ ทางปาก และทางผิวหนัง (พรพิมล ห่อสุวรรณชัย, 2542 : 12)

1.ทางการหายใจ

ตะกั่วจะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายทางระบบหายใจโดยการหายใจเข้าไป สารตะกั่วในบรรยากาศ ส่วนใหญ่เป็นตะกั่วอนินทรีย์ และอยู่ในรูปอนุภาคมลสารซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 2 ไมครอนเป็นส่วนมาก จึงมีการผ่านเข้าสู่ระบบการหายใจส่วนล่าง (Lower respiratory system) และคงอยู่ในระบบส่วนนั้นได้มากพอควร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจของแต่ละบุคคล ตะกั่วในบรรยากาศ 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะทำให้เกิดตะกั่วประมาณ 1-2 ไมโครกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร (วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ และคณะ, 2540 : 53-54) 35% ของตะกั่วทั้งหมดที่ปนมากับลมหายใจเข้าจะเก็บเข้าในปอด ตะกั่วจะถูกดูดซึมได้ทุกส่วนของทางเดินหายใจตั้งแต่รูจมูกจนถึงปลายสุดของถุงลมเล็ก ๆ ของปอดและยิ่งปริมาณ CO_2 สูง ๆ ในส่วนลึกของปอดจะทำให้ตะกั่วถูกดูดซึมเข้าทางปอดได้ดียิ่งขึ้นก๊าซหรือละอองของตะกั่วและฝุ่นขนาดเล็กกว่า 0.75 ไมครอน สามารถผ่านสู่ถุงลมในปอดและผ่านสู่กระแสเลือด ฝุ่นขนาดใหญ่จะติดค้างบริเวณทางเดินหายใจตอนบน เช่น จมูก ช่องต่อระหว่างโพรงจมูก คอ และหลอดลมใหญ่ ซึ่งร่างกายจะขับออกในรูปของเสมหะ (ไมตรี สุทธจิตต์, 2531 : 79)

2.ทางเดินอาหาร

ตะกั่วที่ได้รับจากทางเดินอาหาร เกิดจากการปนเปื้อนมาในอาหาร เช่น ไข่เยี่ยวม้า เจือปนมากับภาชนะใส่อาหาร น้ำดื่ม เครื่องดื่มที่มีตะกั่วเจือปนอยู่ มือที่หยิบอาหาร การสูบบุหรี่ขณะทำงาน ตะกั่วจะผ่านสู่กระเพาะอาหารรวมทั้งการกลืนเสมหะ ตะกั่วที่เข้าไปกับอาหารไม่ว่าจะอยู่ในรูปสารละลายหรือไม่ละลาย เช่น ตะกอนของตะกั่วซัลเฟต ตะกั่วซัลไฟด์ เมื่อตกถึงกระเพาะอาหารซึ่งมีกรด

ไฮโดรคลอลิกอยู่ จะละลายได้มากขึ้น แม้โลหะตะกั่วซึ่งแข็งก็จะกลายเป็นเกลือตะกั่วคลอไรด์ซึ่งละลายได้ดี ตะกั่วที่ละลายได้ส่วนใหญ่จะถูกดูดซึมที่ส่วนดูโอดีนัม คือ ส่วนต้นของลำไส้เล็ก ส่วนที่จะถูกขับออกทางอุจจาระ ในภาวะท้องว่างหรือขาดธาตุแคลเซียม เหล็ก และทองแดง จะทำให้ดูดซึมตะกั่วได้ดีขึ้น (ไมตรี สุทธจิตต์, 2531 : 80)

3.ทางผิวหนัง

ร่างกายดูดซึมตะกั่วอินทรีย์ เช่น ตะกั่วเตตระเมธิล และ ตะกั่วเตตระเอธิล ในไอเสียน้ำมันรถยนต์จะถูกดูดซึมทางผิวหนังได้ง่าย ส่วนสารตะกั่วอนินทรีย์นั้นไม่ซึมผ่านผิวหนัง ซึ่งปกติผิวหนังจะมีชั้นไขมันทำหน้าที่ป้องกันการดูดซึมสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกาย แต่สารตะกั่วอินทรีย์สามารถซึมผ่านไขมันเข้าไปสู่ชั้นผิวหนังที่ลึก ๆ ลงไปได้ ซึ่งชั้นผิวหนังที่ลึกไปนั้นจะมีเส้นโลหิตมาหล่อเลี้ยง จึงทำให้ตะกั่วซึมเข้าสู่กระแสโลหิตได้ ถ้าผิวหนังมีแผล หรือรอยถลอกและสัมผัสกับสารตะกั่วโอกาสและปริมาณของสารตะกั่วจะเพิ่มมากขึ้นด้วย

การรับสารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายไม่ได้ขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของสารนี้เพียงประการเดียว แต่ขึ้นอยู่กับสภาพทางเคมีและฟิสิกส์ของโลหะ และสมรรถภาพร่างกาย เช่น อายุ เพศ ของผู้รับ เข้ามามีบทบาทเกี่ยวข้องด้วย นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับปริมาณของอาหารที่แต่ละคนบริโภคและปริมาณของอากาศที่สูดหายใจเข้าไป (รัชดา บุญแก้ว และวรรณฤดี หวั่นเซ้ง, 2545 : 7)

2.1.1.5 การกระจายตัวและการสะสมของตะกั่ว

การกระจายตัวของตะกั่วในร่างกายมีความสำคัญต่อความเป็นพิษของตะกั่วมาก หลังจากที่ถูกดูดซึมจากลำไส้เล็กและตะกั่วจะถูกส่งผ่านทางเส้นเลือดดำ เข้าสู่ตับถ้าหากเข้าในปอดตะกั่วจะเข้าสู่กระแสเลือดโดยตรงได้เลย กระแสไหลเวียนของเลือดจะนำพาตะกั่ววนเวียนไปมาทั่วร่างกาย ใช้เวลาประมาณ 14 วินาที ตะกั่วจะถูกเนื้อเยื่อต่าง ๆ เก็บไว้ ซึ่งตับและไตเป็นอวัยวะที่เก็บตะกั่วไว้มากที่สุด ต่อจากนั้นระดับของตะกั่วในเนื้อเยื่อชนิดอ่อนนิ่ม (Soft tissue) ทั้งหลาย เช่น ตับ ไต และเนื้อเยื่อประสาท เป็นต้น จะค่อย ๆ ลดลง แล้วเคลื่อนที่ตามกระแสเลือดไปเกาะสะสมที่กระดูก และปริมาณตะกั่วในกระดูกจะเพิ่มตามอายุขัยของคน แต่ระดับตะกั่วในเนื้อเยื่ออ่อนนิ่มยังคงที่เสมอ (รัชดา บุญแก้ว และวรรณฤดี หวั่นเซ้ง, 2545 : 7)

2.1.1.6 การขับออกจากร่างกาย

ตะกั่วประมาณ 76 % จะถูกขับออกทางปัสสาวะ อีก 16 % ถูกขับออกทางอุจจาระ และ 8% ถูกขับออกทางผิวหนัง ทางเหงื่อและเส้นขน หรือเส้นผม ในวันหนึ่ง ๆ ร่างกายสามารถขับตะกั่วออกได้เต็มที่ประมาณ 2 มิลลิกรัมเท่านั้น (ไมตรี สุทธิจิตต์, 2331 : 80)

2.1.1.7 ความเป็นพิษของตะกั่ว

ตะกั่วจะก่อให้เกิดพิษต่อระบบต่าง ๆ ในร่างกายดังนี้ (ศุภมาศ พนิชศักดิ, 2540 :245-246)

1.ระบบเลือด ตะกั่วไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ในการสร้างเม็ดเลือดแดงที่ไขกระดูก เมื่อเม็ดเลือดแดงรับสารตะกั่ว จะปรากฏเพิ่มแรงด้านทานต่อการออสโมซิส (Osmotic resistance) เพิ่มความเปราะบางทางกายภาพ ทำให้ร่างกายมีเม็ดเลือดน้อย เม็ดเลือดแดงผิดปกติและแตกง่าย เลือดจาง ทำให้ผู้ป่วยมีอาการซีด อ่อนเพลีย

ตารางที่ 2.1 อาการพิษของตะกั่วจะผันแปรตามระดับของตะกั่วในเลือด

ระดับของตะกั่วในเลือด (มิลลิกรัม 100/มิลลิลิตร)	อาการพิษ
30-25	โปรโตเพอร์ไฟรินเพิ่มขึ้นในเลือดและ ALA เพิ่มขึ้นในปัสสาวะ
50-40	เฮมาโตคริตและเฮโมโกลบินลดลง และ ALA เพิ่มขึ้น
60-50	เกิดภาวะโลหิตจาง
>60	ตื่นเต้น ไม่อยู่นิ่ง ควบคุมตัวเองไม่ได้ ก้าวร้าว
>120	ปัญญาอ่อน ตาบอด และตาย

ALA = δ – aminolevulinic acid

ที่มา : นิธิยา รัตนาปนนท์และวิบูลย์ รัตนาปนนท์, 2543 : 172

2. ระบบประสาท ตะกั่วเป็นพิษต่อเซลล์ประสาท ทำให้เนื้อสมองบวมยับยั้งการทำงานของสารเคมีในสมอง และทำลายเนื้อเยื่อหุ้มปลายประสาท ผู้ป่วยมีอาการปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน อาจมีอาการชัก ควบคุมการทรงตัวไม่ได้ ปวดหัวเรื้อรัง ชา วิปริต งุนงง เซื่องซึม ความจำเสื่อม ในเด็กเล็ก อาจพบพัฒนาการทางสมองช้ากว่าปกติ

3. ไต ตะกั่วทำความเสียหายต่อท่อไต ทำให้มีการขับกรดอะมิโน น้ำตาล และฟอสเฟตออกมากับปัสสาวะมากผิดปกติ ทั้งนี้เนื่องจากตะกั่วรวมตัวกับโปรตีนของเซลล์ภายในไต ทำให้หลอดไตทำงานผิดปกติ ในรายที่มีอาการรุนแรงเฉียบพลัน ท่อไตส่วนต้นจะถูกทำลาย ในรายที่เป็นเรื้อรัง อาจเกิดภาวะไตวาย และไตพิการ

4. ระบบสืบพันธุ์ อสุจิของเพศชาย และไข่ของเพศหญิงผิดปกติ ทำให้ป่วยด้วยโรคพิษตะกั่วเรื้อรัง เป็นหมัน มีความผิดปกติของประจำเดือน รวมถึงอาการอื่น ๆ เกี่ยวกับระบบสืบพันธุ์

ตารางที่ 2.2 อาการพิษตะกั่ว เรียงลำดับจากอาการที่พบได้บ่อยไปหาที่พบได้น้อย

สารอนินทรีย์		สารอินทรีย์
ผู้ใหญ่	เด็ก	
ปวดท้อง	ง่วงซึม	รบกวนระบบการนอนหลับ
ท้องผูก	ระคายเคือง	คลื่นเหียน
อาเจียน	อาเจียน	อาเจียน
หืด	อาการระบบทางเดิน	กล้ามเนื้อไม่มีแรง
อาการทางประสาท	อาหาร	น้ำหนักลด
ท้องร่วง	โง่	ใจสั่น
	ซึม	ท้องร่วง
	อ่อนเพลีย	ปวดท้อง
		ตกใจง่าย
		คลุ้มคลั่ง

ที่มา : ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2540 : 246

2.2 มาตรฐานโลหะหนัก

โลหะหนักและสารประกอบของโลหะหนักเกือบทุกชนิดเป็นพิษจึงเป็นอันตรายต่อร่างกายโดยอาจทำให้เจ็บป่วย พิการ หรือตายได้ ถ้าได้รับเข้าสู่ร่างกายในปริมาณที่มากเกินไป ดังนั้น จึงต้องมีการกำหนดมาตรฐานการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมมิให้เกินกว่าที่กำหนดไว้

สำหรับโลหะหนักที่ทำการศึกษา คือ ตะกั่วมีมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมนิคมอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ได้กำหนดให้มีปริมาณตะกั่วไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (พรพิมล ห่อสุวรรณชัย, 2542 : 15)

2.2.1 มาตรฐานความปลอดภัยในสิ่งแวดล้อมและในสภาพการทำงาน

1.ในอากาศ

- ความเข้มข้นของตะกั่วในบรรยากาศบริเวณที่พักอาศัย (Ambient air) ไม่ควรเกิน 0.005 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ

- ความเข้มข้นของตะกั่วในบรรยากาศบริเวณที่ทำงานสำหรับคนทำงานที่ทำงานตลอด 8 ชั่วโมงต่อวัน หรือ 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ไม่ควรเกิน 0.15 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ

2.น้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2522) ห้ามมิให้ระบายน้ำทิ้งที่มีค่าตะกั่วมากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตรออกจากโรงงาน

3.ในน้ำดื่ม ปริมาณตะกั่วไม่ควรเกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.ภาชนะใส่อาหาร เครื่องเคลือบดินเผาหรือเครื่องเคลือบที่ใช้ในการบรรจุอาหารเพื่อบริโภคทุกชนิดที่มีตะกั่วละลายออกมาได้ต้องไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อความจุ 1 ลิตร

5.อาหาร อาหารที่บรรจุในบรรจุภาชนะปิดมิดชิด ซึ่งเป็นอาหารควบคุมของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับ 24 (พ.ศ. 2502) ต้องมีมาตรฐานโดยคำนวณน้ำหนักของตะกั่วในอาหารได้ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

6.ค่าปกติของความเข้มข้นของตะกั่วในดิน ไม่ควรเกิน 15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ระดับปกติของตะกั่วในเลือด มีค่าไม่เกินไมโครกรัมต่อเดซิลิตร WHO (1980) กำหนดค่ามาตรฐาน ตะกั่วในเลือดของคนงานผู้ชายที่ต้องทำงานสัมผัสกับตะกั่ว มีค่าไม่เกิน 40 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตรและค่ามาตรฐานตะกั่วในเลือดของผู้หญิงและเด็ก มีค่าไม่เกิน 25 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร

ตารางที่ 2.3 แสดงเกณฑ์กำหนดตะกั่วในอาหารตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข

ประเภทอาหาร	เกณฑ์กำหนด (ppm)
ผลไม้	0.1
ผัก	0.1
ธัญพืช	0.2
เนื้อสัตว์ (หมู วัว ไก่)	0.1
เครื่องใน (หมู วัว ไก่)	0.5
ปลา	0.2
กุ้ง	0.5
หอย	1.0
น้ำผลไม้	0.05
อาหารเด็ก	0.02

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ , 2532

2.3 การบำบัดโลหะหนักในน้ำเสีย

การบำบัดโลหะหนักในน้ำเสียมีด้วยกันหลายวิธี โดยอาจใช้วิธีการทางเคมี ได้แก่ การตกตะกอนผนึกทางเคมี (Chemical precipitation) การเกิดออกซิเดชั่นทางเคมี (Chemical oxidation – reduction) วิธีการทางกายภาพเคมี ได้แก่ การดูดซับด้วยถ่าน (carbon adsorption) การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion exchange)

ออสโมซิสผันกลับ (Reverse osmosis) และการแยกด้วยไฟฟ้าและเยื่อกรองชีววิทยาประกอบกัน การบำบัดโลหะหนักด้วยวิธีที่กล่าวมาข้างต้นได้กล่าวไว้ใน (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539 : 418 – 421) โดยสามารถสรุปหลักการของวิธีดังกล่าวโดยย่อดังนี้

1. การตกตะกอนผลึกทางเคมี (Chemical precipitation) เป็นการเปลี่ยนสภาพของไอออนของโลหะหนักที่ละลายอยู่ในรูปสารละลาย ให้เป็นสารที่อยู่ในสภาพที่ไม่ละลาย โดยการเติมสารเคมีผสมกับน้ำเสียให้ทั่วถึง สารเคมีที่นิยมใช้ ได้แก่ สารส้ม ปูนขาว เฟอร์ริกคลอไรด์ เฟอร์ริกซัลเฟต เป็นต้น ซึ่งเมื่อผสมเข้ากันดีแล้วจะเกิดการจับตัวกันระหว่างสารเคมีกับสารละลาย ทำให้สามารถแยกโลหะหนักออกจากน้ำเสียได้ การเกิดการตกตะกอนผลึกได้ผลดีต้องพิจารณาค่าพีเอช (pH) หลังจากการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีแล้ว โดยทั่วไปต้องมีค่าพีเอชสูงกว่า 7 จึงจะได้ผลดี

2. การเกิดออกซิเดชั่น – รีดักชั่นทางเคมี (Chemical – oxidation – reduction) เป็นการเปลี่ยนสภาพของสารประกอบของโลหะหนักที่มีพิษไปเป็นสารประกอบของโลหะหนักที่ไม่มีพิษ หรือตกตะกอนได้โดยการเติมสารเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเกี่ยวกับการสูญเสียอิเล็กตรอนและปฏิกิริยารีดักชั่น ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเกี่ยวกับการเพิ่มอิเลคตรอน สารเคมีที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ได้แก่ อากาศ หรือออกซิเจน โอโซน โปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) คลอครีนหรือโปรคลอไรด์คลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) โลหะหนักที่สามารถบำบัดได้โดยวิธีนี้ เช่น สังกะสี เหล็ก แมงกานีส เป็นต้น ส่วนสารเคมีที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยารีดักชั่น ได้แก่ เฟอร์รัสซัลเฟตซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โซเยมโปโรไฮโดรโซเดียมไบซัลเฟต โลหะหนักที่สามารถบำบัดโดยวิธีนี้ เช่น โครเมียม ทองแดง ปรอท เงิน เป็นต้น

3. การดูดซับด้วยถ่าน (Carbon adsorption) เป็นการบำบัดโลหะหนักที่ละลายปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย โดยใช้หลักการดูดซับด้วยถ่าน (Carbon) ถ่านที่ใช้มี 2 ลักษณะ คือ แบบเป็นเม็ด (Granular Carbon) ทำมาจากเมล็ดของ almond, walnut, hulls, มะพร้าว ไม้อื่น ๆ หรือถ่านทั่วไป โดยถูกนำมาเผาที่อุณหภูมิสูงมาก และพยายามทำให้ได้พื้นที่ผิวของคาร์บอนมาก ๆ โดยทั่วไปมีขนาดพื้นที่ผิวตั้งแต่ 500 ถึง 1,500 ตารางเมตรต่อกรัม โลหะหนักที่สามารถบำบัดด้วยสิ่งนี้ เช่น ปรอท เงิน ตะกั่ว ทองแดง เป็นต้น

4. การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion exchange) เป็นการบำบัดโลหะในน้ำเสีย โดยใช้หลักการแลกเปลี่ยนประจุไอออนของโลหะหนักในน้ำเสียกับไอออนในสารที่เป็นของแข็งที่สามารถเกิดพันธุเคมีกับไอออนได้ ซึ่งสารของแข็งที่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้นี้เรียกว่า เรซิน มี 2 แบบ คือ เรซินที่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนบวก (Cation exchange resins) ซึ่งมีทั้งชนิดกรดแก่ เช่น Sulfonic, Methylene Sulfonic เป็นต้น และชนิดกรดอ่อน เช่น Carboxylic, Phosponic เป็นต้นและเรซินที่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนลบ (Anion exchange resins) ซึ่งมีทั้งชนิดด่างแก่ เช่น Quaternary ammonium และชนิดด่างอ่อน เช่น Primary amine, Secondary amine เป็นต้น โลหะหนักที่สามารถบำบัดด้วยวิธีนี้ เช่น ทองแดง สังกะสี และนิเกิล เป็นต้น

5. ออสโมซิสผันกลับ (Reverse osmosis) เป็นการแยกโลหะหนักจากน้ำเสียโดยการกรองผ่านแผ่นเยื่อกรองแบบเยื่อกึ่งซึมผ่านได้ (semepermeable membrane) ณ ความดันที่สูงกว่าความดันออสโมซีส เพื่อ

กรองจะยอมให้เฉพาะโมเลกุลของน้ำไหลผ่าน โดยปกติจะมีขนาดความดันตั้งแต่ความดันบรรยากาศจนถึง 6,900 กิโลนินตันต่อตารางเมตร แผ่นเยื่อกรองที่นิยมใช้กันมากได้แก่ เซลลูโลสอะซีเตท และไนลอน

6. การแยกตัวไฟฟ้าและเยื่อกรอง (Electrodialysis) เป็นการแยกไอออนของโลหะหนักออกจากน้ำเสียกระแสไฟฟ้าและเยื่อกรองแบบ Permeable membrane ที่มีอยู่ 2 ชนิด คือ เยื่อกรองประจุบวกจะจับสารปนเปื้อนที่มีประจุลบ และปล่อยสารที่มีประจุบวกผ่านไปได้ และเยื่อกรองที่มีประจุลบจะจับสารปนเปื้อนที่มีประจุบวก และปล่อยสารที่มีประจุลบผ่านไปได้ แต่โมเลกุลของน้ำจะอยู่ช่วงตรงกลางไหลผ่านออกไปได้ยาก

7. การใช้วิธีธรรมชาติ (Natural treatment) เป็นทั้งวิธีการทางกายภาพ เคมี และชีววิทยา ประกอบกัน มาปรับสภาพน้ำเสียที่มีโลหะปนเปื้อนอยู่ให้ลดน้อยลง โดยนำน้ำเสียมาผ่านพื้นที่ชุ่มน้ำซึ่งประกอบด้วย ดิน พืช จุลินทรีย์ และบรรยากาศ โลหะหนักจะถูกจับไว้โดยอาศัยการดูดซับ การตกผลึก และการแลกเปลี่ยนประจุ โดยทั่วไปจะต้องมีค่าพีเอชของน้ำเสียหรือบริเวณพื้นที่บำบัดน้ำเสียมากกว่า 7 จึงจะได้ประสิทธิภาพของการบำบัดอยู่ในระดับสูง แต่ถ้าค่าพีเอชต่ำกว่า 7 จะเกิดปัญหาโดยโลหะหนักจะละลายปนกับน้ำออกจากระบบได้ (พรพิมล ห่อสุวรรณชัย, 2542 : 15 – 17)

2.4 การบำบัดน้ำเสียที่มีตะกั่ว

ตะกั่วเป็นธาตุทรานสิชั่น (Transition) ที่พบกระจายอยู่ทั่วไปในธรรมชาติเป็นโลหะหนักที่มีความอ่อนตัวสามารถ ดัด รีด หรือตีได้ง่าย เฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี ทนทานต่อการกัดกร่อน สามารถนำมาผสมกับโลหะต่าง ๆ ได้หลายชนิดมีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียที่ปนเปื้อนด้วยตะกั่ว และโลหะหนักต่าง ๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมเหมืองแร่ อุตสาหกรรมชุบโลหะ อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น การกำจัดตะกั่วในน้ำเสียจะใช้วิธีการทางเคมีในการเปลี่ยนสารละลายของตะกั่วให้อยู่ในรูปของสารประกอบตะกั่วที่ไม่ละลายน้ำ โดยการเติมสารเคมี เช่น ใช้โซดาไฟเพื่อให้เกิดการตกตะกอนผลึกในรูปของตะกั่วไฮดรอกไซด์ ($Pb(OH)_2$) ใช้โซดาแอชเพื่อให้เกิดการตกตะกอนผลึกในรูปของตะกั่วคาร์บอเนต ($PbCO_3$) และใช้ฟอสเฟต เพื่อให้เกิดการตกตะกอนผลึกในรูปตะกั่วฟอสเฟต ($Pb_3(PO_4)_2$) นอกจากการตกผลึกทางเคมีแล้ว การกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสามารถใช้กระบวนการโคแอกกูเลชั่นด้วยสารส้มหรือสารประกอบเหล็ก การแลกเปลี่ยนไอออนและการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) (ขวัญฤดี โชติชนาทวีวงศ์, 2545 : 5 – 65)

2.5 การนำพืชมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

สำหรับพืชนั้นนอกจากจะช่วยในการบำบัดน้ำเสียโดยการดูดซึมธาตุอาหาร โลหะหนักและสารอื่น ๆ ที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต โดยผ่านระบบรากก่อนเข้าสู่ลำต้นแล้ว ระบบรากของพืชยังเป็นส่วนสำคัญในการบำบัดน้ำเสีย คือ ทำหน้าที่เป็นที่เกาะของจุลินทรีย์บางชนิดที่อยู่ในดิน ซึ่งทำหน้าที่ย่อยสลายสารต่าง ๆ ในดิน และยังทำหน้าที่เคลื่อนย้ายก๊าซออกซิเจน และก๊าซอื่น ๆ จากยอด

ไปยังราก และจากรากไปยังยอด จึงเป็นการเพิ่มก๊าซออกซิเจนให้กับดิน นอกจากนี้ก้าน หรือลำต้นที่อยู่ในน้ำยังเป็นตัวกลางในการกรอง และดูดซึมตะกอน และของแข็งที่ลอยอยู่ในน้ำ ทำให้ความเข้มของแสงแดดที่ส่องตรงผิวน้ำลดลง จึงช่วยป้องกันการเจริญเติบโตที่มากเกินไปของสาหร่ายที่อยู่ในน้ำ ส่วนก้านลำต้นและใบที่อยู่เหนือน้ำ จะช่วยลดผลกระทบของลมที่มีต่อน้ำ (รัชดา บุญแก้ว และวรรณฤดี หวั่นเซ่ง, 2545 : 16)

2.5.1 การบำบัดน้ำเสียด้วยผักตบชวา

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญยิ่งต่อสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ เพื่อการอุปโภคและบริโภค ดังนั้น ปัญหาที่เกิดจากน้ำทิ้งจึงมีผลโดยตรงต่อคุณภาพชีวิต ไม่ว่าจะเป็นปัญหาขาดแคลนน้ำหรือปัญหาคุณภาพน้ำ โดยทั่วไปแล้วน้ำจากแหล่งต่าง ๆ มีคุณภาพแตกต่างกัน แบ่งเป็น 5 ระดับ ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ค่า BOD ของคุณภาพน้ำโดยทั่วไป

คุณภาพน้ำ	BOD (mg/L)
ดีเยี่ยม	0 – 1.5
ดีมาก	1.5 – 3.0
ดี	3.0 – 6.0
พอใช้	6.0 – 12.0
เลว	มากกว่า 12.0

ที่มา : ข้าวทิพย์ เจนธนกิจ และคณะ, 2533

การที่น้ำมีคุณภาพแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณสารสกปรกที่เจือปนสารนั้นเรียกว่า มลสารแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ สารพิษ และสารอินทรีย์ปราศจากพิษ

สารพิษ ได้แก่ โลหะหนัก สารหนู ตะกั่ว ปรอท โครเมียม ทองแดง และอื่น ๆ รวมทั้งยาฆ่าแมลง

สารอินทรีย์ปราศจากพิษ ได้แก่ สารอินทรีย์ที่เกิดจากการย่อยสลายของซากพืชและสัตว์เศษอาหาร ตลอดจนน้ำทิ้งจากชุมชนและอุตสาหกรรมบางชนิด

มลสารในน้ำเสียไม่ว่าจะเป็นสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ หรือโลหะหนัก สามารถลดปริมาณให้เหลือน้อยลงหรือแปรสภาพเป็นสารไร้พิษได้ด้วยกรรมวิธีการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งมีหลายวิธีและมีข้อได้เปรียบเสียเปรียบแตกต่างกัน

การบำบัดน้ำเสียด้วยผักตบชวาเป็นวิธีที่อาศัยคุณสมบัติต่อไปนี้ คือ

1. ทำหน้าที่กรอง

ผักตบชวาที่ขึ้นอย่างหนาแน่นเปรียบได้กับการบรรจุวัสดุพรุนในกรวยกรองน้ำที่ไหลผ่านกอผักตบชวาอย่างช้า ๆ จะทำให้ของแข็งแขวนลอยต่าง ๆ ที่ปนอยู่ในน้ำถูกสกัดกั้น นอกจากนั้นแบบรากผักตบชวาที่มีจำนวนมากจะช่วยกรองสารอินทรีย์ที่ละเอียดและอาศัยจุลินทรีย์ที่เกาะที่รากช่วยดูดสารไว้อีกทางหนึ่ง

2. ดูดมลสารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

ในการปลูกพืชโดยทั่วไปที่ใช้ดินปลูก พืชจะใช้รากขนอ่อนดูดน้ำและอาหารจากดิน สารอาหารที่พืชต้องการได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ผักตบชวามีความต้องการไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเช่นเดียวกัน แตกต่างกันที่ผักตบชวาเป็นพืชที่เจริญเติบโตในน้ำ ดังนั้นการเกิดอาหารจึงใช้รากดูดสารอาหารที่อยู่ในน้ำลำเลียงไปยังใบเพื่อใช้สังเคราะห์แสง ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียจัดเป็นมลสารที่ต้องการกำจัดให้หมดไปการดูดกินอาหารจากน้ำของผักตบชวา จึงเป็นการลดมลสารดังกล่าวให้น้อยลง อย่างไรก็ตามไนโตรเจนในน้ำเสียส่วนมากจะอยู่ในรูปของสารประกอบทางเคมี เช่น สารอินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน และไนเตรไนโตรเจน ซึ่งจากการศึกษาพบว่าผักตบชวาสามารถดูดไนโตรเจนได้ทั้ง 3 ชนิด แต่ในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ ในสภาพที่ใช้ผักตบชวาในการบำบัดน้ำเสียที่มีค่าการบรรทุกไนโตรเจน 11.6 -76.1 กิโลกรัม/เฮคแทร์ - วัน ผักตบชวาสามารถดูดมลสารอินทรีย์ไนโตรเจนได้สูงกว่าไนโตรเจนรูปอื่น คือ ประมาณร้อยละ 95 ในขณะที่มลสารไนเตรตไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนจะลดลงประมาณร้อยละ 80 และ 77 ตามลำดับ

จากการลดสารประกอบฟอสฟอรัสในน้ำเสียโดยใช้ผักตบชวาให้ผลที่มีประสิทธิภาพน้อยกว่าไนโตรเจน เพราะผักตบชวาสามารถดูดฟอสฟอรัสได้ในประมาณที่ต่ำกว่า

3. การลดมลสารอื่น

นอกจากไนโตรเจนและฟอสฟอรัสแล้ว ผักตบชวาสามารถลดมลสารอื่น ๆ ได้ดังต่อไปนี้

คาร์บอน	28	กรัม/ ตารางเมตร/ วัน
โพแทสเซียม	2	กรัม/ ตารางเมตร/ วัน
แคลเซียม	1	กรัม/ ตารางเมตร/ วัน
แมกนีเซียม	0.2	กรัม/ ตารางเมตร/ วัน
โซเดียม	2	กรัม/ ตารางเมตร/ วัน

ด้วยคุณสมบัตินี้ จึงมีทางเป็นไปได้ที่จะใช้ผักตบชวาในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนขนาด 5,000 คน โดยใช่บ่อบำบัดขนาดประมาณ 200x200 เมตร ที่บรรจุผักตบชวาร้อยละ 40 ของพื้นที่ผิวน้ำ (ข้าวทิพย์ เจนธนกิจ และคณะ, 2533)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลังจากที่มีการใช้สิ่งมีชีวิตจำพวกจุลินทรีย์ในการบำบัดสารโลหะหนักที่เจือปนอยู่ในน้ำทิ้งแล้ว ต่อมาจึงได้มีการทดลองนำพืชเข้ามาใช้ในการบำบัดสารโลหะหนักที่เจือปนในน้ำโดยตรง ซึ่งพืชที่ได้รับความนิยมนำมาศึกษามากที่สุดคือ ผักตบชวา ทั้งนี้เนื่องจากผักตบชวาเป็นวัชพืชร้ายแรง การที่สามารถนำผักตบชวามาใช้ประโยชน์ได้จึงเป็นเรื่องดี

ในระยะแรกงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ผักตบชวาบำบัดสารโลหะหนักนั้น เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยใช้น้ำเสียที่มีสารโลหะเจือปน ซึ่งเป็นน้ำทิ้งจากโรงงานจริง ๆ ซึ่งจากการทดลองนำผักตบชวามาเลี้ยงแบ่งตามขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ ในน้ำทิ้งที่ประกอบไปด้วยโลหะหนัก 3 ชนิด คือ โครเมียม ทองแดง และนิเกิล พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสารโลหะหนักจากน้ำเป็นดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงประสิทธิภาพของผักตบชวาในการกำจัดโครเมียม ทองแดง และนิเกิล

ชนิดของสารโลหะหนัก	ประสิทธิภาพในการกำจัด (ร้อยละ)		
	ลำต้นขนาดเล็ก	ลำต้นขนาดกลาง	ลำต้นขนาดใหญ่
โครเมียม	46.25	59.3	71.25
ทองแดง	86.51	93.97	99.65
นิเกิล	81.23	93.37	94.65

ที่มา : สนธิ คชวัฒน์, 2529 : 25

นอกจากนี้ยังพบว่าผักตบชวาที่มีค่า Biomass มากจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักได้สูงตามไปด้วย และการศึกษานี้ยังได้รวบรวมวิธีการที่เป็นไปได้ในการนำผักตบชวาที่ดูดซับโลหะหนักแล้วนี้ไปใช้ประโยชน์ โดยได้มีการเสนอให้นำผักตบชวาดังกล่าวไปทำ Biogas หรือนำไปสกัดเพื่อ recycle โลหะหนักเหล่านี้กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (สนธิ คชวัฒน์, 2529 : 26)

เล ธิ วาน อัน (2539) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการใช้พืชบำบัดน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะ โดยใช้ผักตบชวาและกก ในการทดลอง ได้จำลองระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นประกอบด้วย บ่อเลี้ยงผักตบชวาและกระถางที่ปลูกกก ตัวอย่างน้ำเสียได้เตรียม จากการผสมน้ำเสียจากฟาร์มสุกร กับโลหะหนัก Ni และ Cr ให้ได้ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำเสียจะถูกปั๊มผ่านเข้าไปในระบบอย่างต่อเนื่องโดยใช้ระยะเวลากักเก็บ 15 วัน ในบ่อผักตบชวา และ 1.7 วันในกระถางกก เก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์หาโครเมียมและนิเกิลโดยวิธีอะตอมมิกแอบวอร์พชัน และวิเคราะห์หาพารามิเตอร์อื่น ๆ เช่น COD BOD_5 และ TSS ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพของน้ำที่ผ่านการบำบัด แล้วอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เมื่อเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งของประเทศไทย แต่สำหรับโครเมียมและนิเกิลนั้นค่อนข้างสูงเล็กน้อย แต่มีความใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน

ปกรณ์ ประดิษฐ์ทอง (2540) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารพืชและโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว นิเกิล โครเมียม แคดเมียม โดยจำลองลักษณะของพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ ทำการบำบัดน้ำเสียชุมชนเมือง จังหวัดเพชรบุรี ใช้พืชชนิด กกกลม ธูปฤาษี และแปลงทดลองที่ไม่ปลูกพืช ใช้ช่วงเวลาการขังน้ำในแปลง 3 วัน 5 วัน และ 7 วัน หลังจากนั้นระบายน้ำออกให้แห้ง 3 วัน ทำการเก็บตัวอย่างดิน น้ำ และพืชจากแปลงทดลอง และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารพืชและโลหะหนักในแปลงทดลอง พบว่าธาตุพืชในดินมีปริมาณสูงขึ้น ในขณะที่ธาตุอาหารในน้ำที่ออกจากแปลงมีปริมาณลดลง เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของโลหะหนัก ธาตุอาหารส่วนที่ลดลงนั้นพบสะสมอยู่ในดินและพืช แต่โลหะหนักที่ลดลงพบสะสมอยู่ในพืชเท่านั้น

ข้าวทิพย์ เจนธนกิจ และคณะ (2533) การนำผักตบชวามาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโลหะหนัก พบว่าผักตบชวาสามารถดูดซับโลหะหนักได้ดีในช่วง 3 วันแรก และลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจนถึง 10 วัน ผักตบชวาขนาดกลางมีความสามารถในการกำจัดโลหะหนักได้ดีกว่าขนาดใหญ่ และขนาดเล็ก โดยพบว่าโลหะหนักจะไปสะสมที่ใบมากกว่าสะสมที่ก้าน

รัชดา บุญแก้ว และวรรณฤดี หวั่นเซ้ง (2545) ศึกษาประสิทธิภาพของจอกในการดูดซึมตะกั่วที่ละลายในน้ำ โดยเตรียมตัวอย่างน้ำจากการผสมน้ำกับโลหะหนัก Pb ตัวอย่างน้ำจะเก็บในวันที่ 1 และ เก็บอีกครั้ง เมื่อปล่อยให้จอกดูดซึมตะกั่วแล้ว 7 วันในแต่ละการทดลอง นำมาวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วที่ละลายในน้ำโดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชั่น (AAS) จากการศึกษาเริ่มต้นที่ความเข้มข้น 10 ppm ของตะกั่วในการทดลองที่ 1 พบว่าจอกมีประสิทธิภาพในการดูดซึมตะกั่ว 84.67 % ในการทดลองที่ 2 เพิ่มความเข้มข้นของตะกั่วเป็น 20 ppm พบว่ามีประสิทธิภาพการดูดซึมต่ำกว่าในการทดลองที่ 1 คือมีประสิทธิภาพ 71.99 % และในการทดลองที่ 3 ให้มีความเข้มข้นของตะกั่วเป็น 20 ppm เหมือนการทดลองที่ 2 แต่ไม่ให้ธาตุอาหาร พบว่ามีประสิทธิภาพในการดูดซึมตะกั่วต่ำกว่าการทดลองที่ 1 และ 2 คือประสิทธิภาพ 48.30 %

2.7 พรรณไม้น้ำที่ใช้ในการศึกษา

พรรณไม้น้ำ หรือพืชน้ำ ตรงกับภาษาอังกฤษว่า Aquatic plant, Water plant หรือ Hydrophytes หมายถึง พืชที่ขึ้นอยู่ในน้ำ โดยที่พืชนั้นอาจจะเจริญลอยที่ผิวน้ำ เจริญอยู่ใต้ผิวน้ำ เจริญโผล่ขึ้นเหนือน้ำ หรือเจริญอยู่ตามชายน้ำ ริมตลิ่ง และรวมถึงพืชที่ชอบเจริญอยู่ตามที่น้ำขังแฉะ ส่วนการจัดจำแนกพรรณไม้น้ำนั้นจะจำแนกได้หลายแบบด้วยกันคือ (สุชาดา ศรีเพ็ญ, 2542 : 8 – 11)

1) การจัดจำแนกออกตามแหล่งน้ำที่พรรณไม้น้ำขึ้นอยู่ได้ดังนี้

1.1 พวกที่ขึ้นอยู่ในแหล่งน้ำจืด จัดว่าเป็นพวก limnophytes

1.2 พวกที่ขึ้นอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำเค็ม จัดเป็นพวก halophyte

2) การจัดจำแนกออกตามหลักของการจำแนกอาณาจักรพืช

2.1 พืชกลุ่มแอลจี ประกอบด้วย กลุ่มแอลจีสีเขียว กลุ่มแอลจีสีน้ำตาล และกลุ่มแอลจีสีทอง

2.2 พืชกลุ่มไบรโอไฟร์ ประกอบด้วย กลุ่มมอลและลิเวอร์เวิต

2.3 พืชกลุ่มเฟิร์น ประกอบด้วยเฟอร์นชนิดต่าง ๆ ทั้งที่เป็นเฟิร์นลอยน้ำ เฟิร์นขึ้นตามริมน้ำ หรือขึ้นใต้น้ำ

2.4 พืชมีเมล็ด จะมีแต่เฉพาะพวกพืชมีดอกซึ่งจะเป็นกลุ่มที่สวยมากที่สุด เป็นกลุ่มพืชที่มีขนาดใหญ่ ทั้งชนิดพืชใบเลี้ยงเดี่ยว และพืชใบเลี้ยงคู่

3) การจัดจำแนกออกตามลักษณะทางนิเวศวิทยาที่พรรณไม้น้ำนั้นขึ้นอยู่ คือ

3.1 พืชใต้น้ำ (Submerged plants) พรรณไม้น้ำประเภทที่มีการเจริญเติบโตอยู่ใต้น้ำทั้งหมด อาจจะมีรากยึดกับพื้นดินใต้น้ำ หรือไม่ยึดก็ได้ บางชนิด ทั้งรากและลำต้นเจริญอยู่ในพื้นดินใต้น้ำ มีลำต้นบางส่วนและใบเจริญอยู่ใต้ระดับน้ำ เช่น สาหร่ายหางกระรอก

3.2 พืชโผล่เหนือน้ำ (Emerged plants) พรรณไม้น้ำ ประเภทที่มีการเจริญเติบโตอยู่ใต้น้ำบางส่วน และเหนือน้ำบางส่วน โดยมีรากหรือทั้งรากและลำต้นเจริญอยู่ในพื้นดินใต้น้ำ ส่วนของใบและดอกขึ้นมาเจริญเหนือน้ำ เช่น พวกบัวสายบางชนิด

3.3 พืชลอยน้ำ (Floating plants) พรรณไม้น้ำประเภทนี้เป็นพวกที่เจริญลอยอยู่ที่ระดับน้ำ มีรากน้อยลอยอยู่ในน้ำ ส่วนต้นใบและดอกเจริญปริ่มน้ำ หรือเหนือน้ำบางชนิดถ้าน้ำตื้นเขิน รากอาจจะหยั่งยึดพื้นดินใต้น้ำก็ได้ เช่น ผักบุ้งมีลำต้นที่ภายในกลวงเป็นช่องอากาศใหญ่ ช่วยพยุงให้ต้นพืชลอยน้ำอยู่ได้ ผักกะเฉดลำต้นเมื่อมีอายุมากก็จะมีเนื้อเยื่อสีขาว เรียกว่า นมผักกะเฉด ล้อมรอบลำต้นไว้เพื่อพยุงลำต้นให้ลอยน้ำอยู่ได้

3.4 พืชชายน้ำ (Marginal plants) พรรณไม้น้ำประเภทนี้มักขึ้นอยู่ตามชายน้ำ ริมตลิ่งชาย คลอง หนองน้ำ สระน้ำหรือทะเลสาบ ลักษณะโดยทั่วไปนั้นมีรากหรือทั้งรากและลำต้นเจริญอยู่ใต้ดิน ส่งบางส่วนของต้น ใบ และดอกเจริญเหนือน้ำ พรรณไม้น้ำประเภทนี้ใกล้เคียงกับพวกพืชโผล่เหนือน้ำมาก เช่น พวกบัว

2.7.1 ผักบุ้งไทย (Water Convolvulus)

ผักบุ้ง (Water Convolvulus) เป็นพรรณไม้น้ำ จัดจำแนกอยู่ในประเภท พืชลอยน้ำ

ชื่อสามัญ : Woolly morning – glory, Morning gloryj, Swamp cabbage

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Ipomoea aquatica* Forsk.

ชื่อวงศ์ : CONVOLVULACEAE

ชื่ออื่น : ผักบุ้ง (ทั่วไป), ผักทอดยอด (กลาง), โหนเดาะ (กะเหรี่ยง – แม่ฮ่องสอน)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น : กลวงมีข้อปล้องสีเขียว ขึ้นเลื้อยแผ่ตามหน้าน้ำเหนือในที่ลุ่มตามพื้นดินที่มีความชื้นหรือดินที่แฉะ

ใบ : สีเขียวเข้มลักษณะของใบจะเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมแหลมคล้ายกับปลายหอก หรือขอบขนาน ผิวใบเรียบ ขอบใบเรียบหรือหยักเล็กน้อย ปลายใบแหลมหรือมน โคนใบเว้าเป็นรูปหัวใจ รูปลูกศรหรือตัดตรง เป็นไม้ใบเดี่ยว ใบกว้าง 2-7 ซม. ยาว 3-15 ซม. ก้านใบยาว 1-3 ซม.

ดอก : ลักษณะของดอกเป็นรูประฆังเล็ก มีสีม่วงอ่อน ๆ หรือชมพูด้านในของโคนดอกจะมีสีเข้มกว่าด้านนอกดอกบานเต็มที่ประมาณ 2 นิ้ว และจะดกในฤดูแล้ง

ผลและเมล็ด : กลมเป็นกลีบ ขนาดใหญ่ 4-6 เมล็ด มีขนปกคลุมหรือผิวเรียบ ผักบุ้งเป็นทั้งพืชบกและพืชน้ำ ขยายพันธุ์โดยการปักชำหรือใช้เมล็ด เป็นพืชที่ขึ้นได้ในที่แห้งแล้ง พบตามแหล่งน้ำทั่วไป หนองน้ำ บ่อเลี้ยงปลา ทุ่งนา พบทั้งในน้ำตื้นและน้ำลึก ทั้งในน้ำนิ่งและน้ำไหลอยู่หลายฤดู

ประโยชน์

ยอดอ่อนและใบใช้เป็นอาหารสด ๆ เป็นผักจิ้มน้ำพริก และนำมาต้มเอาน้ำทานใช้เป็นยาระบาย ดอกตูมรักษาโรคกลากเกลื้อน ใบตำพอกฝี ถอนพิษสัตว์กัดต่อย ทั้งต้นแก้โรคประสาท ปวดศีรษะ เบาหวาน แก้ตาอักเสบ บำรุงสายตา รากแก้ตกขาว แก้ไอเรื้อรัง แก้บวม แก้ปวดฟัน ผสมกับดอกมะพร้าว มะขามและขิงแก้โรคหืด

2.7.2 ผักกะเฉด (Water cress)

ผักกระเฉด (Water cress) เป็นพรรณไม้น้ำ จัดจำแนกอยู่ในประเภท พืชลอยน้ำ

ชื่อสามัญ : -

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Neptunia oleracea* Lour.

ชื่อวงศ์ : MIMOSACEAE

ชื่ออื่น : ผักรู้นอน ผักฉีด ผักหนอง ผักหละหนอง ผักกระเฉด

ลักษณะทางพฤษศาสตร์

ลำต้น : กลมยาวอวบน้ำ เลื้อยทอดไปบนผิวน้ำ หรือตามพื้นดินที่แฉะมีข้อปล้องชัดเจน มีรากงอกออกตามข้อ มีเนื้อเยื่อคล้ายฟองน้ำหรือนวม สีขาวหุ้มปล้องแต่ละปล้อง แต่ถ้าเลื้อยอยู่บนดินจะไม่มีนวม และลำต้นไม่อวบ

ใบ : เป็นใบประกอบ แตกจากลำต้นแบบสลับ มีก้านใบ ใบย่อย แตกตรงกันข้าม มี 13-18 คู่ ขนาดเล็ก ขอบใบเรียบ มีขนาดเล็กไว้ต่อสิ่งเร้าเมื่อสัมผัสถูกใบจะหุบ

ดอก : เป็นดอกชื่อแบบเฮด ทรงกลมเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร เกิดที่ซอกใบ ช่อละ 30-50 ดอก มีก้านช่อดอกขึ้นเหนือน้ำ มีก้านช่อดอกยาว 14-18 เซนติเมตร ดอกประกอบด้วยกลีบรวมสีเหลือง ดอกย่อยด้านบนเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ดอกด้านล่างเป็นหมัน

ผลและเมล็ด : ผลเป็นฝัก มีลักษณะแบน มีเมล็ด 4-10 เมล็ด

ผักกระเฉดเป็นไม้ล้มลุก จัดอยู่ในประเภทพืชลอยน้ำ ต้นลอยน้ำหรือเลื้อยแผ่ใกล้ชายฝั่งพบทั่วทุกภาคของไทย ขึ้นในคู คลอง

ประโยชน์

1. เป็นพืชเศรษฐกิจนิยมนำมารับประทานเป็นอาหาร เป็นผักใน 100 กรัมให้พลังงาน 29 กิโลแคลอรี่ โปรตีน 6.4 กรัม แคลเซี่ยม 387 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 7 มิลลิกรัม เหล็ก 5.3 มิลลิกรัม ในอาซีน 3.2 มิลลิกรัม วิตามินซี 22 มิลลิกรัม เบต้า-คาโรทีน 472.08 หน่วย RE~
2. มีสรรพคุณทางสมุนไพรรักษาโรค
3. ใช้บำบัดน้ำเสีย

2.7.3 ความสัมพันธ์ของพรรณไม้น้ำกับปัจจัยทางด้านกายภาพ

พรรณไม้น้ำโดยทั่วไปนั้นเจริญได้ดีหรือมีการแพร่กระจายได้มากและรวดเร็วอย่างไม้นั้นจำเป็นต้องมีปัจจัยบางอย่างมาเกี่ยวข้องด้วย ปัจจัยทางด้านกายภาพมีความสัมพันธ์กับพรรณไม้น้ำอย่างมาก และสภาพของแหล่งน้ำที่มีพืชขึ้นอยู่ก็มีผลต่อพรรณไม้น้ำเช่นกัน (สุชาดา ศรีเพ็ญ, 2542 : 11-12) ปัจจัยต่างๆ นั้นมีดังต่อไปนี้คือ

1. แสง เป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับพรรณไม้น้ำมาก การสังเคราะห์ทำให้พืชสามารถสร้างอาหารเพื่อการเจริญเติบโต พืชลอยน้ำ พืชโผล่เหนือน้ำ และพืชชายน้ำ จะได้รับแสงโดยตรง พืชใต้น้ำจะได้รับแสงสว่างผิดไปจากความเป็นจริง พืชที่อยู่ระดับความลึกต่างกันก็จะได้รับปริมาณแสงต่างกันไปด้วย และถ้าในบริเวณที่แสงส่องไม่ถึงจะไม่ค่อยพบพรรณพืชเลย

2. อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญกับพรรณไม้น้ำเช่นกัน พรรณไม้น้ำชนิดต่าง ๆ ที่เจริญอยู่ในแหล่งน้ำเดียวกันนั้นมักไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมากนัก พรรณไม้บางอย่างชอบขึ้นในที่อุณหภูมิต่ำ ถ้านำมาปลูกในแหล่งน้ำที่มีอุณหภูมิสูงมักจะเจริญเติบโตได้ไม่ดีนักขณะเดียวกันพรรณไม้น้ำบางอย่างที่ขึ้นในประเทศร้อนมากมักจะเจริญเติบโตได้ไม่ดีหรือไม่สามารถเจริญเติบโตได้ถ้านำไปปลูกในประเทศหนาว แต่ถ้าพรรณไม้บางอย่างก็สามารถปรับตัวได้ทั้งในที่อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ

3. ปริมาณก๊าซ เป็นปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับพรรณไม้น้ำ ก๊าซสำคัญคือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพราะพืชจำเป็นต้องใช้ในการสังเคราะห์แสงขณะเดียวกันพืชจะคายก๊าซออกซิเจนให้กับแหล่งน้ำ ซึ่งจะเป็นประโยชน์กับสัตว์น้ำต่าง ๆจะพบว่าถ้าอัตราการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสัตว์และอัตราการคายก๊าซออกซิเจนของพรรณไม้น้ำอยู่ในลักษณะที่พอเหมาะ จะทำให้แหล่งน้ำนั้นมีสภาพที่สมดุลย์ ในแหล่งน้ำลึก ๆ ปริมาณก๊าซออกซิเจนจะมีน้อยหรือเกือบไม่มีเลย สิ่งที่มีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ก็เกือบจะอยู่ไม่ได้เลย

4. ความกระด้างของน้ำ พรรณพืชบางอย่างชอบขึ้นในน้ำที่มีหินปูนมากคือชอบขึ้นในน้ำกระด้าง ดังนั้นจะเห็นว่าพืชชนิดนี้ไม่ขึ้นในน้ำที่มีหินปูนน้อย ในขณะเดียวกันพรรณพืชที่ชอบขึ้นในน้ำอ่อนก็จะไม่

ขึ้นในน้ำที่มีหินปูนด้วย โดยลักษณะเช่นนี้จะมีผลต่อพรรณไม้น้ำในแง่ของชนิดของพืชที่ชอบความกระด้างของน้ำต่าง ๆ กัน

5. ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) จะมีผลต่อการเจริญเติบโตและการกระจายของพรรณไม้น้ำ โดยทั่วไปพืชมักชอบน้ำที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างกลาง ๆ คือ ระหว่าง 7.5-6.5 แต่ก็มีพืชบางอย่างที่สามารถขึ้นได้ในที่ที่มีน้ำมีค่าค่อนข้างเป็นกรด

6. ความขุ่นของน้ำ น้ำที่มีตะกอนของดินทรายหรือแร่ธาตุมาก เช่น ในลำธารหรือหนองน้ำที่มีตะกอนขุ่น พืชใต้น้ำจะได้รับแสงสว่างไม่เต็มที่ ทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้บางครั้งถึงกับเน่าตายไป

7. ธาตุอาหารในน้ำ ถ้าในน้ำมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพรรณพืชเป็นผลทำให้พืชทุกประเภท ทั้งพืชลอยน้ำ พืชโผล่น้ำ และพืชใต้น้ำเจริญเติบโตได้ดีแหล่งน้ำที่รับน้ำเสียจากชุมชนจะมีพืชลอยน้ำเจริญอย่างหนาแน่น ทั้งนี้เพราะในน้ำเหล่านั้นมีธาตุอาหารที่พืชต้องการอยู่เป็นจำนวนมาก

8. สภาพของพื้นดินใต้น้ำ ผิวพื้นล่างของแหล่งน้ำนั้นทั้งที่เป็นกรวด ทราย หิน ดิน โคลน และดินที่เกิดจากซากพืชตายทับถมกัน ลักษณะเช่นนี้มีผลต่อพรรณไม้น้ำ ทั้งต่อชนิดของพืชและต่อการเจริญเติบโตของพืช

9. การเคลื่อนที่ของน้ำ ในแหล่งน้ำที่เป็นสระ บ่อ บึง หรือทะเลสาบ การเคลื่อนที่ของน้ำเกิดจากกระแสลม ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำ แต่ในลำธารหรือแม่น้ำการเคลื่อนที่ของน้ำเกิดจากการไหลของกระแสน้ำ ซึ่งจะช้าหรือเร็วก็ตามจะมีอิทธิพลต่อพรรณพืชที่ขึ้นอยู่ พืชบางอย่างชอบขึ้นในที่น้ำไหลเพื่อจะได้รับแร่ธาตุและก๊าซที่มากับกระแสน้ำ พืชพวกนี้จะมีรากยึดแน่นกับพื้นดิน ใบมักเหนียวและพลิ้วไปตามกระแสน้ำได้ พืชบางอย่างชอบขึ้นในน้ำนิ่งเพื่อใบจะได้รับแสงได้เต็มที่ ใบมักเปราะบางฉีกขาดได้ง่าย เป็นต้น

2.8 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ เทศบาลนครหาดใหญ่

2.8.1 สถานที่ตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสียตั้งอยู่บริเวณตำบลน้ำน้อย และตำบลคูเต่า อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ในพื้นที่ขนาดประมาณ 2,040 ไร่ 2 งาน 216 ตารางวา อยู่ห่างจากเทศบาล ฯ ไปทางทิศเหนือประมาณ 13 กิโลเมตร ซึ่งเทศบาลนครหาดใหญ่ ดำเนินการจัดซื้อในวงเงิน 629.86 ล้านบาท โดยใช้งบประมาณเงินอุดหนุนจากกองทุน ฯ งบประมาณจากโครงการพัฒนาเมืองหลัก และงบประมาณสมทบจากเทศบาลนครหาดใหญ่

2.8.2ระบบรวบรวมน้ำเสีย

ระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบรวม (Combined System) ออกแบบให้รับได้ทั้งน้ำฝนและน้ำเสียจากบ้านเรือน พาณิชยกรรมและแหล่งกำเนิดน้ำเสียอื่น ๆ เพื่อรองรับไม่ให้น้ำเสียไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ อันได้แก่ คลองเตย และคลองอู่ตะเภาอีกต่อไป โครงสร้างระบบประกอบด้วยท่อรวบรวมน้ำเสียขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ตั้งแต่ 0.60 – 2.00 เมตร ความยาวรวมทั้งสิ้น 24.5 กิโลเมตร สถานียกระดับน้ำ (Lift

Station 4) แห่ง สถานีสูบน้ำเสีย 1 แห่ง ท่อส่งน้ำเสียแรงดันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.50 เมตร เพื่อส่งน้ำเสียจากสถานีสูบน้ำเสียไปที่ระบบน้ำเสีย ความยาวรวม 9.5 กิโลเมตรและอาคารน้ำเสีย (Combined Sewer Overflow หรือ CSO) จำนวน 203 แห่ง เพื่อผันน้ำส่วนที่เกิน 5 เท่าของปริมาณ น้ำเสียในฤดูแล้ง (หรือ5 Dry Wealner Flow) ออกสู่แหล่งรองรับน้ำ ดังนั้น น้ำเสียหรือน้ำเสียรวมน้ำฝนที่มีปริมาณไม่เกิน5 Dry Wealther Flow จะถูกรวบรวมและส่งต่อไปยังระบบบำบัดน้ำเสียรวมต่อไป นอกจากนี้ได้มีการออกแบบระบบท่อรวบรวมน้ำเสียแบบท่อแยก (Separated System) เพื่อแยกน้ำฝนและน้ำเสียไม่ให้ไหลรวมในท่อเดียวกัน สำหรับพื้นที่ใกล้เคียงเพื่อเตรียมการก่อสร้างในอนาคตด้วย

2.8.3 ระบบบำบัดน้ำเสียรวม (หรือระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ)

ระบบบำบัดน้ำเสียรวมเทศบาลนครหาดใหญ่ สามารถรองรับน้ำเสียได้ระยะเวลา 20 ปี กล่าวคือ ในระยะเวลา 10 ปีแรก พ.ศ. 2539-2548 สามารถรับน้ำเสีย (Dry Wealner Flow) ประมาณ 69,000 ลบ.ม. ต่อวัน และในระยะ 10 ปีถัดไป (พ.ศ.2549-2558) จะรับน้ำเสียได้รวมทั้งสิ้น ประมาณ 138,000 ลบ.ม.ต่อวัน ระบบบำบัดน้ำเสียรวมดังกล่าวเป็นระบบแบบบ่อผึ่ง (Stabilization Pond) ร่วมกับการใช้บึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland) โดยอาศัยกลไกการทำงานของธรรมชาติช่วยในการปรับสภาพน้ำเสียให้มีคุณภาพดีขึ้น ทำให้ไม่จำเป็นต้องพึ่งพาเทคโนโลยีขั้นสูงและเครื่องจักรมากนัก ซึ่งจะทำให้ไม่สิ้นเปลืองพลังงานและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการระบบน้ำเสียอีกด้วย การบำบัดน้ำเสียดังกล่าว มี 4 ขั้นตอน คือ การบำบัดเบื้องต้น (Preliminary Treatment) การบำบัดขั้นแรก (Primary Treatment) การบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) และการบำบัดขั้นสูง (Advance Treatment)

1. การบำบัดเบื้องต้น (Preliminary Treatment) เป็นการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่อยู่ในรูปของแข็งขนาดใหญ่หรือเศษขยะที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสีย โดยติดตั้งตะแกรงดักขยะอัตโนมัติ (Automatic Fine Screen) ที่สถานีแบ่งน้ำเสีย หรือ Head Works เพื่อแยกขยะออกจากน้ำเสียที่ส่งมาจากสถานีสูบน้ำ (LS3A) ก่อนระบายสู่บ่อบำบัดขั้นแรก (Primary Pond) ต่อไป

2. บ่อบำบัดน้ำเสียขั้นแรก (Primary Pond) หรือบ่อหมัก จำนวน 2 บ่อ ต่อเชื่อมแบบคู่ขนานมีพื้นที่บ่อประมาณ 45 ไร่ และ 48 ไร่ เป็นบ่อบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจ (Anaerobic Pond) ทำหน้าที่ตกตะกอนของแข็งที่อยู่ในรูปตะกอนสารอินทรีย์และกรวดทรายออกจากน้ำเสีย และยังสามารถลดปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand หรือ BOD)ได้บางส่วน บ่อหมักนี้จะมีความลึกประมาณ 3.4 เมตร ทั้งนี้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดในบ่อนี้ถือได้ว่าเป็นการบำบัดขั้นแรก (Primary Treatment) หลังจากนั้นก็จะไหลเข้าสู่บ่อ Facultative Pond ต่อไป

3. บ่อบำบัด (Facultative Pond) มีจำนวน 2 บ่อ ต่อขนานกันมีพื้นที่ต่อบ่อประมาณ 138 ไร่ และ 171 ไร่ มีความลึกประมาณ 1.70 – 1.80 เมตร ขบวนการบำบัดจากบ่อ Facultative Pond จะเกิดขึ้นสองแบบภายในบ่อเดียวกัน คือ ส่วนชั้นบนของบ่อซึ่งแสงอาทิตย์ส่องลงไปถึง จะมีการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยขบวนการใช้ออกซิเจน ส่วนชั้นล่างของบ่อซึ่งแสงอาทิตย์ส่องลงไปไม่ถึง จะเกิดการย่อยสลายตะกอนด้วยขบวนการไม่ใช้ออกซิเจน โดยอาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างสาหร่ายและแบคทีเรียและเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายตามธรรมชาติ

4. บ่อบำบัด (Maturation Pond) มีจำนวน 2 บ่อ ต่อขนานกันมีพื้นที่ต่อบ่อประมาณ 78 ไร่ และ 39 ไร่ มีความลึกประมาณ 1.30 – 1.40 เมตร ทำหน้าที่ปรับสภาพและคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากบ่อ Facultative Pond โดยจะช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำ และช่วยในการฆ่าเชื้อโรคจากแสงอาทิตย์อีกด้วย น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากบ่อ Facultative Pond และ Maturation Pond ถือได้ว่าเป็นการบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment)

5. บึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland) มีจำนวน 5 บ่อ ระดับความลึกแตกต่างกันตั้งแต่ 0.7 – 1.40 เมตร ใช้พื้นที่บ่อรวมทั้งสิ้นประมาณ 587 ไร่ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นที่สองจากบ่อผึ่งจะไหลลงสู่บึงประดิษฐ์ ซึ่งถือว่าเป็นการบำบัดขั้นสูง (Advance Treatment) เพื่อปรับสภาพและคุณภาพน้ำให้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งสามารถกำจัดได้ทั้งค่าความสกปรกในรูปบีโอดี ค่าสารแขวนลอย (Suspended Solids) รวมทั้งสามารถกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียได้ โดยอาศัยกระบวนการทางชีวเคมีและแบคทีเรีย หรือ กระบวนการ Nitrification และ Denitrification ที่เกิดขึ้นภายในบึงประดิษฐ์ เนื่องจากมีการปลูกพืชต่างชนิดไว้ในบึงประดิษฐ์ แต่ละบ่อให้เหมาะสมกับหนาที่การทำงานของแต่ละบ่อ ดังเช่น ต้นกก สามเหลี่ยม จอกแหน เพื่อช่วยในการลดค่าบีโอดี ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และยังช่วยกรองสารแขวนลอยในน้ำเสียด้วย

นอกจากนี้ ยังได้จัดให้มีบ่อเก็บน้ำฉุกเฉิน (Emergency Pond) ขนาดความจุสูงสุดประมาณ 720,000 ลูกบาศก์เมตร เพื่อให้กักเก็บน้ำเสียสำรองอเนกประสงค์ในกรณีเกิดภาวะฉุกเฉินต่าง ๆ และเก็บกักน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแต่ยังไม่ได้มาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนด รวมทั้งเป็นบ่อกักเก็บน้ำในกรณีบำรุงรักษาหรือขุดลอกตะกอนในบ่ออื่น ๆ

2.9 อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี (Atomic Absorption Spectroscopy, AAS)

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักจะต้องทำการย่อยสลายโลหะหนักด้วยกรดเข้มข้นภายใต้อุณหภูมิสูงเพื่อเปลี่ยนให้อยู่ในรูปละลายน้ำ แล้วจึงอ่านค่าความเข้มข้นด้วยวิธี AAS

เทคนิคทาง AAS เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถทำได้ทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณเป็นการวิเคราะห์ที่ได้รับความนิยมมากวิธีหนึ่ง เพราะเป็นเทคนิคที่ให้ความเที่ยง ความแม่น มี

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ความไวสูง และเป็นเทคนิคที่เฉพาะดีมาก สามารถใช้วิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ได้ถึง 67 ธาตุ (แม้น อมรสิทธิ์ และอมรเพชรสม, 2539 : 322)

2.9.1 หลักการของอะตอมมิกแอบซอร์พชัน (Principles of Automic Absorption)

อะตอมมิกแอบซอร์พชัน เป็นกระบวนการที่เกิดจากอะตอมเสรีของธาตุดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นอันหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ ธาตุแต่ละชนิดจะมีระดับของพลังงานแตกต่างกัน จึงมีการดูดกลืนพลังงานแตกต่างกัน เช่น อะตอมของโซเดียมจะดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 589 นาโนเมตร เพราะแสงความยาวคลื่นนี้เป็นแสงที่มีพลังงานพอดีที่จะทำให้อิเล็กตอนของโซเดียมอะตอมเกิดการเปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้นไปสู่สถานะกระตุ้น ซึ่งจะเห็นว่าความยาวคลื่นเหล่านี้จัดเป็น spectroscopic line ของอะตอมมีสเปกตรัม ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของธาตุแต่ละชนิด

ในการที่ทำให้อะตอมของธาตุในสารประกอบเกิดเป็นอเตอมเสรีได้นั้น ต้องมีการดูดกลืนพลังงานเข้าไป ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปต่าง ๆ กัน เช่น พลังงานความร้อนจากเปลวไฟ หรือความร้อนจากไฟฟ้า เป็นต้น ความร้อนจะทำให้เกิดกระบวนการแตกตัว (Dissociation) หรือเปลี่ยนให้เป็นไอ (vaporization) หรืออาจจะแตกตัวเป็นอะตอม หรือทำให้อะตอมอยู่ในสถานะกระตุ้นหรืออาจกลายเป็นไอออนก็ได้

การเกิดอะตอมมิกแอบซอร์พชัน อิมิสชัน และฟลูออเรสเซนต์นั้นมีลักษณะการเกิดทรานซิชันจากสถานะพื้นไปยังสถานการณ์กระตุ้นระดับ แรก (First excited state) มีด้วยกัน 3 แบบ คือ

แบบที่ 1 เมื่ออิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานจากสถานะพื้นไปยังสถานะกระตุ้นระดับแรก โดยการดูดกลืนพลังงานจากโฟตอนเป็นอะตอมมิกแอบซอร์พชัน

แบบที่ 2 เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากความร้อน ทำให้อิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานไปยังสถานะกระตุ้นระดับแรก แล้วปล่อยพลังงานออกมา เมื่อกลับสู่สถานะพื้นจะให้โฟตอนออกมาเรียกว่าอะตอมมิกอิมิสชัน

แบบที่ 3 เมื่ออิเล็กตรอนไดรับพลังงานจากโฟตอนที่มาจากสเปกตรัมทำให้เปลี่ยนระดับพลังงานไปยังสถานะกระตุ้นเมื่อกลับมาสู่สถานะพื้นจะให้โฟตอนออกมาเรียกว่าเป็นการเกิดอะตอมมิกฟลูออเรสเซนต์

2.9.2 เทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี AAS

เทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุนั้น สามารถทำได้หลายวิธี คือ

1. ใช้ Flame Atomization Technique ใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟ (flame)

2. ใช้ Flameless Technique หรือ Non – Flame Atomization Technique ซึ่งเทคนิคนี้ใช้กระบวนการ ทำให้สารตัวอย่างสลายตัวเป็นอะตอมได้ด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (electro thermal

ว
363.7304
134574
24 ก.ค. 2549

atomizer หรือ graphite turnace) โดยสามารถโปรแกรมให้อุณหภูมิของการเผามีค่าต่าง ๆ กัน และใช้เวลาต่างกันได้

3. ใช้ Hydride Generation Technique เนื่องจากมีธาตุบางชนิดซึ่งเปลี่ยนให้เป็นอะตอมโดยตรงด้วยเทคนิค 1 และ 2 ไม่ได้ แต่จะต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันการรวมตัวกับออกซิเจนของธาตุเหล่านี้ ดังนั้น จึงต้องใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านี้กลายเป็นไอ ได้ง่าย ๆ ที่อุณหภูมิห้องด้วยการรีดิวซ์ให้เป็นไฮโดรด์ แล้วให้ไฮโดรไดร์นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮโดรเจน ความร้อนจากเปลวไฟไฮโดรเจนจะทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมเสรีได้ เทคนิคนี้ใช้วิเคราะห์ธาตุ As, Se, Te, Ge, Bi, และ Sb

4. ใช้ Cold Vapor Generation Technique สำหรับเทคนิคนี้เหมาะที่จะใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนให้เป็นไอ ได้ง่าย ๆ ซึ่งได้แก่การวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณโดยเฉพาะ เพื่อที่จะให้เข้าใจถึงขั้นตอนของเทคนิคการวิเคราะห์ AAS (แม้น อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม, 2539 : 325 – 330)

2.9.3 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่อง AAS

1. Hallow Cathode Lamp ใช้เป็น light source ใน Atomic Absorption Analysis Lamp ทำด้วยโลหะชนิดเดียวกับธาตุที่ต้องการศึกษา

2. Flame atomizer ใช้ spray sample solution ให้เป็นฝอยเล็ก ๆ เพื่อลดการรบกวนที่เกิดจากสารอื่นปนเข้ามา และทำให้สารตัวอย่างดูดกลืน thermal energy จาก Flame กลายเป็น vapor atom ได้ง่ายขึ้น Flame ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงต่างกันจะทำให้อุณหภูมิต่างกันไปด้วย เช่น

Air / acetylene	ให้อุณหภูมิประมาณ	2,300 องศาเซลเซียส
Air / propene	ให้อุณหภูมิประมาณ	1,900 องศาเซลเซียส
Nitrous oxide/acetalene	ให้อุณหภูมิประมาณ	3,000 องศาเซลเซียส

3.Wavelength selection แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

3.1 Chopper ใช้เลือก wavelength ที่เหมาะสมในการวัดธาตุใดธาตุหนึ่งเพื่อให้ Absorbed radiant Energy มากที่สุดในการวัดหาปริมาณของสาร

3.2 Monochromator มีหน้าที่ทำให้แสงจาก source ที่กระจายทุกทิศทางเป็นลำแสงขนานพื่อผ่านเข้าไปยัง path cell ของ sample

4.Detector ใช้วัดความเข้มของแสงที่ผ่านออกจาก sample

5.Read out system เป็นส่วนแสดงค่า absorbance

2.9.4 ประโยชน์ของ AAS ที่ใช้ในงานวิเคราะห์ทางเคมี (Application of AAS)

เนื่องจากเทคนิคทาง AAS เป็นที่นิยมกันมากในการวิเคราะห์ธาตุในแทบทุกชนิดของสารตัวอย่าง ไม่ว่าจะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ซึ่งอาจสรุปได้ดังนี้

1.ใช้ในงานวิเคราะห์เพื่อการเกษตร (agricultural analysis) เช่น การวิเคราะห์ ดิน พืช ปุ๋ย เป็นต้น

2.ใช้ในงานวิเคราะห์เพื่อการแพทย์และชีวเคมี (clinical and biochemistry) เช่น การหาปริมาณของธาตุ Pb, Cu, Fe, Zn และอื่น ๆ ในเลือด ปัสสาวะ และเนื้อเยื่อ

3.ใช้ในงานวิเคราะห์เพื่อการโลหะวิทยา (metallurgy) เช่น การวิเคราะห์โลหะผสมต่าง ๆ เช่น หาปริมาณของสารเจือปนต่าง ๆ ในโลหะบริสุทธิ์

4.ใช้ในงานวิเคราะห์พวกน้ำมันและเพื่อการปิโตรเลียม (oil and petroleum) เช่น การหาองค์ประกอบที่เป็นโลหะของน้ำมันหล่อลื่นและน้ำมันเครื่อง น้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันเชื้อเพลิง

5.ใช้ในงานวิเคราะห์พวกแร่และวัสดุต่าง ๆ

6.ใช้ในงานวิเคราะห์น้ำจากแหล่งต่าง ๆ เช่น น้ำเสีย น้ำทิ้ง น้ำแร่ เป็นต้น

7.ใช้ในงานวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม

8.ใช้ในงานวิเคราะห์ทางอาหารและยา

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY