

บทที่ 2

ทบทวนเอกสาร

3.1 โลหะหนัก

โลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5 ขึ้นไป มีเลขอะตอมอยู่ระหว่าง 23-92 ภายในคาบที่ 4-7 ของตารางธาตุ โลหะหนักมีสถานะเป็นของแข็ง (ยกเว้นปรอทที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ) คุณสมบัติทางกายภาพของโลหะหนัก คือ นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี มีความมันวาว เหนียว สามารถตีเป็นแผ่นได้ และสะท้อนแสงได้ดี ส่วนคุณสมบัติทางด้านเคมีที่สำคัญของโลหะหนักคือ มีค่าออกซิเดชัน(Oxidation number) ได้หลายค่า ดังนั้นโลหะหนักจึงสามารถที่จะรวมตัวกับสารอื่น ๆ เป็นสารประกอบเชิงซ้อน (Complex compound) ได้รูปที่เสถียรมากกว่า โลหะหนักกิสระโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ (Organometallic compound) ซึ่งจะสามารถที่จะถ่ายทอดสู่สิ่งมีชีวิตได้ โดยผ่านไปตามห่วงโซ่อาหาร (Food chain) (เกศสุชา ,2537)

โดยทั่วไปเราสามารถแบ่งโลหะต่าง ๆ ออกตามคุณสมบัติที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. โลหะที่ให้คุณประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิต เช่น เหล็ก และทองแดง เป็นต้น
2. โลหะที่ไม่ก่อประโยชน์และโทษต่อสิ่งมีชีวิต เช่น อลูมิเนียม
3. โลหะที่สะสมในสิ่งมีชีวิตและก่อให้เกิดโทษ เช่น ปรอท ตะกั่ว และสารหนู เป็นต้น
4. โลหะประเภทที่ ก่อประโยชน์ ถ้าสิ่งมีชีวิตได้รับเพียงเล็กน้อยแต่ให้โทษถ้าได้รับปริมาณที่สูง (วรวิทย์ มปป.)

3.2 ตะกั่ว

ตะกั่วเป็นธาตุหมู่ 4 A ทุกธาตุในหมู่นี้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 4 ตัว ตะกั่วมีสถานะออกซิเดชัน +2 ที่เสถียร สมบัติทางกายภาพของตะกั่วประกอบด้วย รัศมีอะตอม(โคเวเลนต์) 154 pm รัศมีไอออน M^{+2} เป็น 120 pm ความหนาแน่น 11.3 กรัม/ลูกบาศก์เมตร จุดหลอมเหลว 327 องศาเซลเซียส จุดเดือด 1744 องศาเซลเซียส พลังงานการแตกตัวเป็นไอออนชั้นที่1+2 เป็น 2167

กิโลจูล/โมล ชั้นที่ 1+2+3+4 เป็น 9330 กิโลจูล/โมล สภาพไฟฟ้าลบ เท่ากับ 1.55 การนำไฟฟ้าดี ออกไซด์ของตะกั่วอยู่ในรูป PbO PbO_2 และ Pb_3O_4 ซึ่ง Pb^{2+} จะเสถียรกว่า Pb^{4+} เลดมอนอกไซด์หรือ ลิทาร์จได้จากการเผาตะกั่วในอากาศเป็นผงสีเหลือง ถ้าเผา PbO จะให้ $Pb_3O_4(2PbO.PbO_2)$ หรือตะกั่วแดงใช้เป็นสารสีทากันสนิม เลดไดออกไซด์สารสีน้ำตาลแก่เป็นตัวออกซิไดส์ที่ดีสลายด้วยความร้อนให้ PbO และ O_2 ใช้ PbO_2 ใช้ในการทำแบตเตอรี่ และทำแก้วโดยใช้ PbO แทน CaO จะได้แก้วฟลินต์ มีดัชนีหักเหสูง ใช้ทำแก้วเจียระไน แก้วของตะกั่ว $2+$ โดยทั่วไปจะไม่ละลายน้ำ ยกเว้นแอสिट และไนเตรดเมื่อละลายน้ำก็จะให้อิออน Pb^{2+} ที่ถูกไฮเดรต Pb^{2+}_{aq} แก้วของตะกั่ว $2+$ ทุกชนิดละลายได้ในเบสจำนวนมากให้พอลิเมอร์ $Pb(OH)_4^{2-}$

แร่ตะกั่ว เป็นแร่หนึ่งซึ่งได้มีการพบและนำมาใช้ประโยชน์ภายในประเทศตั้งแต่สมัยโบราณ แหล่งแร่ตะกั่วที่เป็นแหล่งใหญ่ มีคุณค่าทางเศรษฐกิจในปัจจุบัน ได้แก่ แหล่งแร่ตะกั่วในบริเวณอำเภอทองผาภูมิ สังขละบุรี และศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี ถือได้ว่าเป็นแหล่งผลิตตะกั่วที่ใหญ่ที่สุดของประเทศ แร่ตะกั่วที่พบเป็นแหล่งแร่ใหญ่ คือ แร่กาลีนา (Galena, PbS) มีสีและสีผงละเอียด เป็นสีเทาตะกั่ว มีความวาวแบบโลหะ มักพบเป็นรูปลูกบาศก์หรือลูกเต๋า อาจพบเป็นเม็ดเล็ก ๆ เกาะกันเป็นก้อน ๆ มีความแข็ง 2.5 มีความถ่วงจำเพาะ 7.5 (งามพิศ, 2525)

3.2.1 ประโยชน์ของตะกั่ว

1. ตะกั่วประมาณหนึ่งในสามของผลผลิตนำไปใช้ในรูปของตะกั่วออกไซด์ต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมสี เช่น สีแดง (Red lead) สีเหลืองส้ม (Litharge) และสีขาว (Lead carbonate) ตะกั่วขาวและแดงใช้ในการทำสี ตะกั่วสีส้มเป็นส่วนผสมที่สำคัญในอุตสาหกรรมกระจก เครื่องเคลือบบางชนิด
2. ใช้ทำหม้อแบตเตอรี่ และโลหะหุ้มสายเคเบิลไฟฟ้าต่าง ๆ ประมาณร้อยละ 25 ของผลผลิต
3. สารเตตระเอทิลเลด (Tetraethyllead $Pb(C_2H_5)_4$) ซึ่งเป็นตัวเติมในน้ำมันเบนซินพลังสูง ในอัตรา 3 กรัมต่อแกลลอน และเพื่อให้เครื่องยนต์เดินเรียบขึ้น (Antiknock) ส่วนนี้ใช้ประมาณหนึ่งในสาม นอกจากนี้เป็นการใช้ที่สูญไปเลยไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก เพราะเผาแล้วกลายเป็นไอ เป็นมลพิษ (Pollution) ต่อสิ่งแวดล้อม แต่ปัจจุบันเลิกใช้แล้วในประเทศไทยและอีกหลายประเทศทั่วโลก
4. ใช้เป็นส่วนผสมที่สำคัญในอุตสาหกรรมทำท่อต่าง ๆ ตลอดจนทำพีวีซี
5. ใช้ในการผลิตกระสุนปืนชนิดต่าง ๆ

6. ใช้ในอุตสาหกรรมผสมโลหะผสมต่าง ๆ เช่น

6.1 ตะกั่วผสมดีบุก เป็นโลหะบัดกรี (Solder)

6.2 ตะกั่วผสมพลวง เป็นโลหะตัวพิมพ์ (Type metal)

6.3 ตะกั่วผสมดีบุกและทองแดง เป็นโลหะพิวเตอร์ (Pewter)

6.4 ตะกั่วผสมบิสมีต ดีบุก และแคดเมียม เป็นโลหะผสมที่เรียกว่า Wood's alloy

6.5 ใช้ในระบบสัญญาณไฟไหม้อัตโนมัติซึ่งมีจุดหลอมเหลวที่ 70 องศา

(สุจิตร , 2530)

3.2.2 พิษของตะกั่ว

อาการของพิษเมื่อได้รับตะกั่วอินทรีย์ การแสดงออกทางจิตจะเด่นชัดกว่าอาการเจ็บไข้ธรรมดา แต่ในรายรุนแรงจะมีอาการที่พบเห็นได้ทั่วไป คือ ความกระวนกระวาย ผื่นร้าย จิตหลอน และหลงผิด อาการแทรกซ้อนหลาย ๆ อย่างจะเด่นชัด ได้แก่ อาการเพ้อเจ้อ คลุ้มคลั่ง สับสน และการเก็บตัวไม่ยุ่งเกี่ยวกับใคร ถ้าหากได้รับสารตะกั่วมากมายอาจเกิดอาการชักกระตุกทันทีทันใด ในรายที่รุนแรงน้อยกว่าผู้ป่วยอาจเริ่มด้วยการนอนไม่หลับ นอนหลับยาก นอนหลับ ๆ ตื่น ๆ และกระวนกระวาย บางครั้งจะฝันอย่างโหดโผนและน่ากลัว ตอนกลางวันอาจจะมีอาการตื่นเต้นตกใจให้เห็น อาการปวดศีรษะจะกลายเป็นเรื่องปกติ และมักจะรุนแรง และอาการวิงเวียนศีรษะจะพบได้เสมอ ในรายที่รุนแรงจะต้องมีการควบคุมและนำอย่างเข้มงวด และต้องอาศัยการพยาบาลที่เชี่ยวชาญ ทั้งนี้เนื่องจากอาการประสาทหลอนและแนวโน้มในการฆ่าตัวตายสูง

3.2.3 การเข้าสู่สิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อมนุษย์ของตะกั่ว

ตะกั่วสามารถเข้าสู่สิ่งแวดล้อมและมีผลกระทบต่อมนุษย์ได้หลายทางดังนี้

1. ในอดีตการผลิตสีจะผลิตจากสารประกอบตะกั่ว ดังนั้นที่มาที่สำคัญของโรคตะกั่วที่เป็นพิษน่าจะมาจากสีเก่าที่ผลิตไว้ เดิม ๆ บางคนมีแนวโน้มที่จะกัดเคี้ยวสิ่งของ นิสัยชอบกินอาหารแปลก ๆ ทำให้สีที่ประกอบด้วยตะกั่วถูกนำเข้าสู่ระบบย่อยอาหารโดยบังเอิญ

2. ท่อน้ำประปา ท่อประปาในบ้านส่วนใหญ่จะมีส่วนผสมของสารตะกั่ว เนื่องจากตะกั่วเป็นโลหะที่หลอมง่ายทนต่อการกัดกร่อนสูง

3. ตะกั่วที่ใช้บัดกรี เช่น การใช้สารบัดกรีที่มีส่วนผสมของตะกั่ว ในกรณีที่มีการนำระบบทำน้ำร้อนมาใช้ในการบริโภค น้ำร้อนจะกัดเซาะตะกั่วจากสารบัดกรีที่ท่อได้ง่ายกว่าน้ำเย็น นอกจากนี้

นี้ตะกั่วที่ใช้บำบัดหรืออาหารกระป๋องโดยเฉพาะถ้าหากว่าอาหารถูกปล่อยไว้ในกระป๋องหลังจากเปิดกระป๋องแล้ว กระบวนการกัดเซาะจะละลายตะกั่วจากสารบัดกรีลงในอาหารได้

4. แบตเตอรี่รถยนต์ : แบตเตอรี่รถยนต์เก็บไฟแบบกรดตะกั่ว
5. เครื่องสำอางบางประเภทที่มีปริมาณตะกั่วสูง

6. ตะกั่วถ่วงเบ็ดของนักตกปลา ในประเทศอังกฤษ ตะกั่วถ่วงเบ็ดประมาณ 250 ตัน ถูกนักตกปลาปล่อยทิ้งลงในแม่น้ำสายต่าง ๆ ทุกปี ซึ่งจะมีผลต่อหงส์จะกลืนกินตะกั่วเหล่านี้เข้าไป และตายเพราะตะกั่วเป็นพิษ ซึ่งเป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำให้หงส์ต้องตายไปเกือบ 3000 ตัวต่อปี เมื่อปี ค.ศ.1964 นายแพทย์มอนครีฟ (Moncrieff) และผู้ร่วมงานประจำโรงพยาบาลเกรท ออร์มอนด์ สตรีท ได้ตรวจสอบตัวอย่างเด็ก ๆ จำนวน 122 รายที่เป็นโรคปัญญาอ่อนขั้นรุนแรงและ หรือมีอาการผิดปกติทางจิตพบว่าเกือบครึ่งหนึ่งของเด็กเหล่านี้มีระดับตะกั่วในเลือดค่าสูงกว่าปกติ หมายความว่า มีระดับตะกั่วอยู่เกิน 36 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ตัวเลขนี้เป็นขีดสูงสุดที่พวกเขา พบในกลุ่มเด็กปกติที่นำมาใช้เปรียบเทียบ 86 คน

ผลกระทบของตะกั่วต่อทารกในครรภ์ได้ถูกชี้ให้เห็นชัดเจนจากรายงานการศึกษา ดีพิมพ์ เมื่อปี 1978 โดยแสดงให้เห็นว่าเด็กที่คลอดตายโดยเฉลี่ยจะมีปริมาณของตะกั่วในกระดูกสูงกว่าเด็กปกติ ตะกั่วมีผลต่อการทำให้แท้งบุตร ไบร-สมิทและผู้ร่วมงานในมหาวิทยาลัยรีดดิงได้พบปริมาณสะสมของตะกั่วในเด็กที่คลอดตายมีค่าสูงกว่าในเด็กเกิดใหม่ที่มีชีวิตรอด 5-10 เท่า (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2530)

Smith (1975) รายงานว่าปริมาณตะกั่วในดินและพืชจะเป็น Exponential function กับระยะห่างจากถนน จากรายงานของ Zimdahl (1975) พบว่าตะกั่วอยู่ในรูปที่พืชใช้ไม่ได้ และพืชจะได้รับธาตุตะกั่วทางรากได้เพียง 0.03-0.005 % ในปี ค.ศ.1977 Krause ได้ทดลองพ่นสารประกอบออกไซด์ของตะกั่วที่ไม่ละลายน้ำที่ใบของพืช พบว่าพืชสามารถดูดซับสารประกอบตะกั่วได้ และสรุปว่าพืชได้รับสารตะกั่วจากบรรยากาศได้ทางใบมากกว่าทางราก

จากรายงานการวิจัยโครงการวิจัยศึกษาสมบัติ ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับความเป็นพิษของดิน ในกรุงเทพมหานคร โดยสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (นวลฉวี และวิจัย 2521) กล่าวถึงปริมาณตะกั่ว และแคดเมียมในพืชว่าจากการวิเคราะห์ผักจากร่องผักบริเวณอโคกดินแดง พบว่าผักคะน้ามีปริมาณตะกั่วมากกว่าผักขม และในใบพุทธรักษาซึ่งเก็บจากรั้วบ้าน พบปริมาณตะกั่วสูงถึง 389.3 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งรายงานนี้ชี้ให้เห็นว่าพืชมีความสามารถในการดูดซึมโลหะหนักเข้าไปในต้นพืชเองได้

จากโครงการวิจัยโลหะหนักในพืชผักเศรษฐกิจ โดยวรวิทย์ชีวาภรณ์ภักดิ์ พบว่า ปริมาณตะกั่วในผักคะน้า ตะกั่วในบริเวณลำต้นมีค่าสูงกว่าในใบ โดยในลำต้นมีค่าเฉลี่ย 25.6 ส่วนในล้านส่วน ส่วนในใบมีค่าเฉลี่ย 14.8 ส่วนในล้านส่วน ส่วนปริมาณปรอทในพืชส่วนใหญ่ ตัวอย่างพืชตรวจไม่พบ เท่าที่ตรวจมีค่าสูงสุดในหัวผักกาด (0.02 ส่วนในล้านส่วน) จากบริเวณ ดำเนินสะดวก (วรวิทย์, มปป.)

กรณีเด็กหญิงซึ่งอาศัยอยู่หมู่บ้านที่ 8 ตำบลบางครุ อำเภอพระประแดง เสียชีวิตลงและ แพทย์วินิจฉัยว่าสาเหตุการตายครั้งนี้เกิดจากสารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายมากเกินไป จากสภาพ หมู่บ้านพบว่า มีผู้นำเอาซีเมนต์ที่ขอมมาจากโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่รถยนต์เก่า ๆ มาถม ถนนในหมู่บ้าน พบว่า ผู้ที่อยู่ในหมู่บ้านดังกล่าวส่วนใหญ่มีปริมาณตะกั่วในเลือดสูงกว่าระดับ ปกติมาก จากการศึกษาพบว่า

1. ระดับตะกั่วในดิน ที่ผิวดินบริเวณที่ถมกากแบตเตอรี่จะพบปริมาณตะกั่วสูงกว่า ถนนที่ไม่ได้ถูกถม นอกจากนี้ระดับของตะกั่วในบริเวณข้างถนนก็จะมีค่าสูงมาก
2. น้ำที่ชาวบ้านนำมาซักผ้ามีตะกั่วอยู่ในระดับ 0.01 ส่วนในล้านส่วน น้ำจาก หนองน้ำมีตะกั่ว 0.12 ส่วนในล้านส่วน น้ำบาดาลที่ห่างจากถนน 20 เมตร มีตะกั่ว 0.02 ส่วนใน ล้านส่วน
3. ระดับตะกั่วในพืชพบว่า โหระพามีระดับตะกั่วสูงสุดเมื่อเทียบกับผักบุ้ง และผัก กะเจด
4. ระดับตะกั่วในปลาและในหอย ปลากระดี่มีระดับตะกั่ว 16.5-33.6 ส่วนในล้านส่วน
5. ระดับตะกั่วในเลือดเด็กอยู่ในช่วง 0.15-5.40 ส่วนในล้านส่วน โดยเฉลี่ย 1.28 ส่วนในล้านส่วน

(สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520)

จะเห็นได้ว่า ปริมาณตะกั่วปัจจุบันแพร่กระจายและเพิ่มมากขึ้นทุกที ทั้งในดิน ในน้ำ และในอากาศรอบตัวเรา อันเนื่องมาจากการใช้สารตะกั่วเตตระเอทิลเลด ($Pb(C_2H_5)_4$) เติมลงไป ใน น้ำมันเชื้อเพลิง ประมาณกันว่าจะต้องเติมสารตะกั่วดังกล่าว 3 กรัม หรือประมาณ 1,000 ส่วนใน ล้านส่วน เพื่อเพิ่มพลังและช่วยให้เครื่องยนต์เดินเรียบ และพ่นออกมาสู่สิ่งแวดล้อมออกมากับแก๊ซ จากท่อไอเสีย ในปัจจุบันอาจใช้ถึง 1 ใน 3 ของผลผลิตตะกั่วและนับวันจะเพิ่มมากขึ้นทุกปี และ เป็นตะกั่วที่ไร้แล้วสูญไปเลย ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซ้ำยังเกิดอันตรายแก่คนอีกด้วยซึ่ง ปัจจุบันเลิกใช้แล้ว นอกจากนี้การใช้ถ่านหินซึ่งมีตะกั่วโดยเฉลี่ยส่วนในล้านส่วน ก็สามารถนำ โลหะนี้เป็นมลพิษสิ่งแวดล้อมได้เช่นเดียวกัน มีผู้ศึกษาและวิเคราะห์ชั้นของหิมะในประเทศ

กรีนแลนด์ พบว่าปริมาณตะกั่วในบรรยากาศ ซึ่งตกลงมาพร้อมกับหิมะ ในปี พ.ศ.2513 (โดยประมาณ) สูงขึ้นกว่าร้อยละ 300 นับจากปี พ.ศ.2483 (สุจิตร์ , 2530)

3.3 พรอท

พรอท เป็นธาตุหมู่ 2 B ซึ่งอยู่ท้ายสุดของแถว d ในตารางพีริออดิก พรอทเป็นโลหะสีขาวคล้ายเงิน ในสภาพที่มีความบริสุทธิ์ ณ อุณหภูมิปกติจะมีสถานะเป็นของเหลว พรอทแบ่งออกได้เป็นหลายรูปแบบ คือ พรอทในรูปโลหะ (metallic form) พรอทในรูปสารอนินทรีย์ (Inorganic mercury compound) และพรอทในรูปสารประกอบอินทรีย์ (organic mercury compound) พรอทที่อยู่ในรูปของโลหะโดยมากเป็นพวกที่บริสุทธิ์ไม่ผสมกับสารอื่น พรอทมีน้ำหนักโมเลกุล (molecular weight) 200.59 รัศมีอะตอมเท่ากับ 157 pm รัศมีไอออนเท่ากับ 110 pm ความหนาแน่น = 13.546 กรัมต่อซีซี ที่ 20 องศา จุดเดือด 356.9 องศา จุดเยือกแข็ง -38.87 องศา ความถ่วงจำเพาะ 13.545 สภาพไฟฟ้าลบเท่ากับ 1.44 เลขออกซิเดชันเป็น +1 และ +2 ความสามารถในการละลายน้ำได้ดี พรอท Hg^{2+} ไม่มีไฮดรอกไซด์ และคาร์บอเนต กลีของพรอทส่วนใหญ่ละลายน้ำได้ ยกเว้นซัลไฟด์ ไอโอไดด์ ฟอสเฟส และออกซาลेट HgS มีสภาพการละลายต่ำมาก ($K_{sp} = 1.6 \times 10^{-10}$) และยังไม่ละลายใน HNO_3 เข้มข้นที่ร้อนแต่ละลายในแควรีเจียเพราะเกิดไอออนเชิงซ้อน $(HgCl_2)_2^-$ $HgCl_2$ เป็นโมเลกุลโคเวเลนต์ ระเหิดง่าย หลอมเหลวแล้วไม่นำไฟฟ้า ละลายน้ำได้ดี แต่ในสารละลายไม่ใคร่แตกตัวเป็นไอออน $HgCl_2$ ถูกรีดิวซ์ได้ง่าย Sn^{2+} ใช้ตรวจหา Hg^{2+} (หรือ Hg^+) โดยเปลี่ยนเป็น $HgCl_2$ เสียก่อน) ผลผลิตของรีดักชันอาจเป็นตะกอนขาว Hg_2Cl_2 หรือพรอทแล้วแต่ว่าจะใช้ปริมาณ Sn^{2+} น้อยหรือมาก สารประกอบออกไซด์ ไฮดรอกไซด์ และซัลไฟด์ของ Hg^+ ไม่เคยปรากฏ สารประกอบที่เสถียร (ในสารละลาย) ได้แก่ Hg_2X_2 (X= Cl Br I) และ Hg_2SO_4 ในสารละลายน้ำ Hg^+ ไม่ดีสพรอพอร์ชันเนตไปเป็น Hg^{2+} แต่สารใดก็ตามที่สามารถลดความเข้มข้นของ Hg^{2+} ในสารละลายโดยทำให้เกิดสารที่ไม่ละลายหรือเกิดสารเชิงซ้อนเป็นต้น อาจเกิดการดีสพรอพอร์ชันเนตได้ทั้งนั้น (หลักของเลอ ชาเตอริเอ) ดังนั้นสารจำนวนมากชนิด เช่น ไฮดรอกไซด์ ซัลไฟด์ และลิแกนด์ส่วนใหญ่ทำให้ Hg^+ ดีสพรอพอร์ชันเนตได้เกลือ Hg^+ ทุกชนิดไม่ละลายน้ำยกเว้นไนเตรต และเพอร์คลอเรต ไอออน Hg^+ เป็นอะตอมคู่ประกอบด้วยอะตอมของ Hg 2 อะตอมมีพันธะต่อกัน

3.3.1 ประโยชน์ของปรอท

ปรอทสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ใช้ประโยชน์ในการทำเครื่องมือวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ เช่น เทอร์โมมิเตอร์ บารอมิเตอร์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้เป็นตัวเร่ง (Catalyst) ในกระบวนการทางเคมีต่าง ๆ อีกด้วย
2. ใช้ในด้านทางการแพทย์ คือส่วนผสมของยารักษาโรคหลายชนิด ใช้ในการอุดฟัน และเป็นองค์ประกอบในเครื่องมือแพทย์ เช่น เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความดันโลหิต (Blood pressure) เป็นต้น
3. ใช้ในด้านการเกษตร คือ สารประกอบของปรอททั้งที่เป็นสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ใช้เป็นยาปราบศัตรูพืช และยาฆ่าเชื้อราในพืชทำให้ป้องกันเชื้อราที่เกิดกับเมล็ดพืชที่เก็บรักษาไว้นาน ๆ ได้
4. ใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตเครื่องมือ และอุปกรณ์ไฟฟ้า อุตสาหกรรมผลิตกระดาษ อุตสาหกรรมผลิตสี อุตสาหกรรมผลิตน้ำยาซักแห้ง อุตสาหกรรมผลิตคลอรีนและโซดาไฟ และอุตสาหกรรมทำขนเฟอร์ เป็นต้น
5. ใช้ประโยชน์ทางการทหาร คือ เป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งในการทำระเบิด (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2528)

3.3.2 การเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ของปรอท

ปรอทเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทางคือ

1. ทางผิวหนัง สารประกอบของปรอทสามารถซึมผ่านผิวหนังเข้าสู่ร่างกายได้ ทำให้เกิดอันตรายต่อผิวหนังและกล้ามเนื้อบริเวณนั้น อาการเริ่มแรกจะรู้สึกกระคายเคือง คันและอักเสบ ในบริเวณที่สัมผัสกับสารประกอบของปรอท ถ้าสารประกอบปรอทซึมเข้าไปมาก ๆ กล้ามเนื้อส่วนนั้นอาจตายได้ สำหรับพวกที่ต้องสัมผัสกับสารนี้อยู่เสมออาจจะทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับไซซ้อ และกล้ามเนื้ออักเสบ
2. การเข้าสู่ร่างกายทางปากโดยปรอทปนมากับอาหาร หรือยาที่มีสารประกอบของปรอทผสมอยู่ ถ้ามีปริมาณมากเกินไปเกินความต้านทานของร่างกายจะเกิดโทษต่อระบบทางเดินอาหาร ทำให้ระบบทางเดินอาหารอักเสบ ปวดกระเพาะ อาเจียรบ่อยครั้งและมีเลือดปนออกมาด้วย
3. โดยการหายใจเอาไอปรอทที่มีอยู่ในอากาศเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งจะซึมเข้าสู่ปอดแล้วซึมผ่านไปกระแสโลหิตและสะสมอยู่ในอวัยวะต่าง ๆ ส่วนใหญ่มักสะสมที่ไต เพราะไตเป็นส่วนที่เลือดผ่านมากที่สุด ถ้ามีเกินความต้านทานของร่างกายก็จะทำให้เกิดพิษขึ้น อาจจนถึงตายถ้าไตไม่

ทำงาน เนื่องจากไม่สามารถขับปัสสาวะออกได้ ส่วนสารปรอทที่สะสมอยู่ในสมองก็จะเป็นอันตรายต่อระบบประสาทส่วนกลาง อาจทำให้เป็นอัมพาตได้ (สำนักคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2528)

3.2.3 ความเป็นพิษของปรอท

สารปรอทเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะเป็นพิษภัยมาก เพราะปรอทจะไปจับตัวแบบพันธะโคเวเลนต์กับโปรตีน ซึ่งขับถ่ายออกไปได้ช้ามาก พิษภัยที่เกิดจากสารประกอบอินทรีย์ของปรอทนี้จะทำให้ผนังเนื้อเยื่อต่าง ๆ มีความซึมซาบผ่านได้ยาก เป็นเหตุให้เซลล์แห่ง เหตุการณ์ที่ร้ายแรงที่พบในประเทศญี่ปุ่น เมื่อชาวประมงจำนวน 111 คน ที่กินปลาและหอยจากอ่าวมินามาตะ (Minamata) ในเกาะคิวชู (Kyu-Shu) ระหว่างปี พ.ศ.2499-2503 มีอาการนิ้วมือนิ้วเท้าชา ตาฝ้างูติง เดินไม่ตรงทาง รายที่มีอาการรุนแรงจะไม่ตอบสนองทางอารมณ์ และบังคับกล้ามเนื้อไม่ได้ ในปี พ.ศ.2502 พบว่า เกิดจากสารพิษที่ปล่อยจากโรงงานที่อยู่ใกล้ๆอ่าวนั้น ซึ่งมีทั้งร่องรอยของโลหะปรอทสารประกอบอินทรีย์ของปรอท และไดเมทิลเมอร์คิวรีอีกเล็กน้อย สารไดเมทิลเมอร์คิวรีสามารถเปลี่ยนมาจากสารประกอบอินทรีย์ของปรอท โดยสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ที่ก้นอ่าวและสะสมตัวอยู่ในปลาและหอย และเพิ่มมากขึ้นทุกที เมื่อผู้เคราะห์ร้ายบริโภคปลาซึ่งมีสารปรอทอยู่ถึง 50 ส่วนในล้านส่วนเข้าไป พิษปรอทจึงไปทำลายระบบประสาทส่วนกลางอย่างร้ายแรงหญิงมีครรภ์จะให้บุตรที่เป็นโรคปรอทเป็นพิษตั้งแต่แรกเกิด

ในปี พ.ศ. 2510 ประเทศสวีเดนซึ่งผลิตสารเคลือบเมล็ดพืช เพื่อให้หัตถ์การเพาะเป็นต้นอ่อนสูงมากขึ้น ทำให้ปลาที่อยู่ใกล้ฝั่งทะเลของสวีเดนมีสารปรอท 10 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งมีการประกาศว่าปลาเหล่านี้ไม่เหมาะสำหรับการบริโภค ปัจจุบันเชื่อว่าโรงงานที่ใช้วัสดุปรอทเป็นวัสดุในทุกประเทศล้วนเป็นพิษภัยต่อสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับสิ่งมีชีวิต สหรัฐอเมริกาประกาศมาตรฐานปลาที่บริโภคได้ต้องมีปริมาณปรอทไม่เกิน 0.5 ส่วนในล้านส่วน

ปกติน้ำทะเลจะมีปริมาณปรอทเฉลี่ยราว 0.3 ส่วนในพันส่วน เท่านั้น ในญี่ปุ่นกำหนดมาตรฐานน้ำเสียจากโรงงานไม่ให้มีปรอทเกิน 5 ส่วนในพันล้านส่วน (หรือ organo mercury compound 10 ส่วนในพันล้านส่วน) ส่วนในสหรัฐและรัสเซียกำหนดมาตรฐานน้ำดื่มไว้ไม่เกิน 2.5 ส่วนในพันล้านส่วน(Hg) และระดับปรอทในเกล็ดมนุษย์เราอยู่ระหว่าง 1-10 ส่วนในพันล้านส่วน (สุจิตร พิตรกุล, 2530)

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำทะเล และดินตะกอนของ อ่าวไทย ได้รายงานไว้ระหว่างวันที่ 11-16 กันยายน 2529 บริเวณสถานี 4 (นอกสันดอนปากแม่น้ำ เจ้าพระยา) สถานี 17 (กลางอ่าวไทยประมาณระหว่างหัวหิน-จังหวัดระยอง) สถานี 25 (นอกฝั่งของ จังหวัดระยอง) พบว่าสถานี 17 ช่วงเวลา 24.00 น. มีปริมาณความเข้มข้นของปรอทสูงถึง 847 ไมโครกรัมต่อลิตร แต่เวลา 16.00 น. พบปรอท 0.4 ไมโครกรัมต่อลิตรเท่านั้น (รัชนิกร , 2530)

การศึกษาปริมาณปรอทในสัตว์ทะเลในน่านน้ำไทย พบว่าในปี พศ. 2524-2526 พบ ปริมาณปรอทในปลาสูงกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เพียง 8 ตัวอย่าง (ร้อยละ 3.6) ปริมาณสูงสุด คือ 0.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในปี พศ.2530 ลัดดาวัลย์ โรจนบรรณทิพย์ และคณะ ได้ รายงานว่าปริมาณปรอทในสัตว์น้ำ 94 ชนิด จำนวน 1680 ตัวอย่างพบปริมาณปรอทเกินกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เพียง 64 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 4 (ทวีศักดิ์ , มปป.)

การสำรวจปรอทในปัสสาวะของประชากรที่อาศัยในบริเวณน่านน้ำไทย 5 จังหวัด คือ ระยอง เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ พังงา และสงขลา พบว่าในประชากรที่สำรวจ 541 คน เป็นชาย 262 คน หญิง 279 คน อายุระหว่าง 4-48 ปี ระดับปรอทในน้ำปัสสาวะของชาย 1.485 ± 3.691 ไมโครกรัมต่อลิตร ของหญิง 2.939 ± 4.960 ไมโครกรัมต่อลิตร และระดับปรอทในปัสสาวะรวมทั้ง หญิง ชาย 2.141 ± 4.391 ไมโครกรัมต่อลิตร (มบุญ , มปป.)

การทดลองเพื่อหาค่า TL₅₀ ในเวลา 2 วัน ของปลาตะเพียนขาว (*Puntius gonionotus*) และปลาดุกด้าน (*Clarias batrachus*) ปรากฏว่า TL₅₀ ในเวลา 2 วัน ของปลาตะเพียนขาวขนาด 3-5 เซนติเมตร และปลาดุกด้านขนาด 2.5-4.5 เซนติเมตร ต่อปรอท สังกะสี เหล็ก แคดเมียม และ ตะกั่ว ที่ความกระด้าง 100-110 ส่วนในล้านส่วน (as CaCO₃) มีค่าเท่ากับ 0.011, 0.235, 1.35, 26.0, 64.0 และ 340 ส่วนในล้านส่วน และ 0.041, 43.0, 64.0, 200.0, 35.0, และ 350.0 ส่วนในล้านส่วน (ประมาณ , มปป.)

การศึกษาความเป็นไปได้ในการกำจัดตะกั่วในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated sludge พบว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated sludge มีประโยชน์สูงในการลดปริมาณตะกั่วในน้ำเสียได้ ตั้งแต่ 85-100 % โดยขึ้นอยู่กับอายุตะกอนของระบบน้ำเสียที่มีตะกั่วเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือต่ำกว่า (สุทธิรักษ์ , 2527)

จากการศึกษาปริมาณตะกั่วในหญ้า ซึ่งเก็บมาจากสถานีเก็บตัวอย่าง 6 สถานี ใน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ที่กระจายอยู่ในบริเวณที่มีความหนาแน่นการจราจรต่างกัน 3 ระดับ คือ เมาบาง ปานกลาง และคับคั่ง ในช่วงเวลาที่ต่างกันของรอบปี คือ ธันวาคม 2522, มีนาคม

2523, และกันยายน 2523 พบว่า ความหนาแน่นของการจราจรที่เพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้การเจือปนของตะกั่วในหญ้าเพิ่มขึ้น

จะเห็นได้ว่าปัญหามลพิษของสารตะกั่ว และปรอทในสิ่งแวดล้อมถูกจัดเป็นเรื่องที่สำคัญ และมีผู้ให้ความสนใจอย่างกว้างขวาง ดังการวิจัยต่าง ๆ ที่กล่าวข้างต้น แต่สิ่งที่สำคัญสำหรับโลหะหนักทั้งสองคือ เมื่อปรอทเข้าสู่สิ่งแวดล้อมจะทำให้เกิดกระบวนการสะสมในสิ่งมีชีวิต กล่าวคือ แพลงค์ตอนพืชสามารถดึงปรอทในน้ำเข้ามาสะสมในตัวหรือบริเวณผนังเซลล์โดยตรง เพิ่มความเข้มข้นสะสม (concentration factor) ของสารปรอท) ของแพลงค์ตอนพืช จะแปรผันอยู่ในช่วง 200 ถึงหลาย ๆ พันเท่า เมื่อปรอทได้ถูกนำลงสู่แหล่งน้ำ แล้วก็จะมีโอกาสสะสมไปตามห่วงโซ่อาหาร (food chain) ทำให้สิ่งมีชีวิต เช่น ปลา มีความเข้มข้นปรอทภายในร่างกายสูงทำให้เข้าใจว่าสารปรอทจะต้องมีโอกาสเพิ่มขยายทางชีวภาพ (biological magnification) ส่วนตะกั่ว สิ่งที่สำคัญสำหรับมนุษย์คือ การเกิดโรคโลหิตจางซึ่งเกิดจากตะกั่วไปขัดขวางการสร้างฮีโมโกลบินของเม็ดเลือดแดง โดยปกติฮีโมโกลบินจะมีอายุเมื่อถึงเวลาจะถูกเปลี่ยนเป็น methemoglobin ซึ่งจะนำพาออกซิเจนได้น้อยลง ซึ่งถ้าในร่างกายมีตะกั่วมากเกินไปจะทำให้เป็นการเร่งให้ฮีโมโกลบินเปลี่ยนเป็น methemoglobin ได้เร็วขึ้นและนอกเหนือจากนั้นตะกั่วยังสามารถเร่งการทำงานของม้าม และดับในการกำจัดเม็ดเลือดแดงจากการศึกษาหาข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับตะกั่ว และปรอท ให้ทราบถึงพิษภัยที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีการในการบำบัดโลหะหนักทั้งสอง ซึ่งปัจจุบันวิธีที่ใช้อยู่ทั่ว ๆ ไปสำหรับการกำจัดโลหะหนัก ได้แก่ การกำจัดหรือการบำบัดทางเคมี ได้แก่วิธีการตกตะกอนด้วยสารเคมี (chemical precipitation) เช่นการกำจัดตะกั่วด้วยปูนขาว หรือการเปลี่ยนสารประกอบนั้นให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นพิษโดยการเติมหรือลดออกซิเจน และวิธีการกำจัดด้วยวิธีฟิสิกัลเคมี เช่น ion exchange ซึ่งเป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนระหว่างสารละลายและสารประกอบซึ่งไม่ละลายน้ำ นอกเหนือจากวิธีดังกล่าวที่ใช้กันอยู่ สิ่งที่สำคัญประการหนึ่ง คือการศึกษาหาวิธีการบำบัดโลหะหนักควรจะต้องเป็นวิธีที่ประหยัด สะดวก ง่ายต่อการควบคุม และสิ่งที่สำคัญคือต้องมีความเหมาะสมกับประเทศหรือท้องถิ่นนั้น ๆ ในระยะเวลาที่ผ่านมา มีผู้ศึกษาค้นคว้า และวิจัยส่วนที่เกี่ยวข้องกับการนำวัสดุจากธรรมชาติมาบำบัดโลหะหนัก ซึ่งจะกล่าวดังต่อไปนี้

การศึกษาการดูดซับโลหะหนักไอออนจาก dried และ undried cellulosic substrate ได้แก่ โยผ้าย เยื่อกระดาษ ปอกระเจา และซีลี้อย โดยการนำสารดังกล่าว 4 กรัม ใส่ลงในสารละลายสังเคราะห์ที่มีโลหะไอออนอยู่ 120-130 ส่วนในล้านส่วน เขย่าเป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำไปกรอง

นำสารที่กรองได้หาปริมาณโลหะหนักที่เหลือด้วยวิธีสีทีเอ ผลปรากฏว่า การดูดซับของเกลือของ ตะกั่วและปรอทดูดซับได้น้อย และวัสดุธรรมชาติที่สามารถดูดซับได้ดีที่สุดคือ ขี้เลื่อย โดยเฉพาะ พวกที่เป็น dried sawdust นอกจากนี้ยังพบว่าระหว่างการดูดซับของโลหะ ไอออนเนื่องจากสาร วัสดุการเกษตรจะมีกลุ่มที่เป็นกรด (acid ion exchanger) ในการแลกเปลี่ยน จึงมีผลทำให้พีเอช ลดต่ำลงหลังจากถูกดูดซับ ระดับการดูดซับของไอออนตะกั่วและปรอทจะต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับ เหล็กและคอปเปอร์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ธรรมชาติของไอออนทั้งสองคือ ตะกั่ว และปรอทจะมี ขนาดใหญ่ การดูดซับของ undried substrate เช่น โยผ้าย จะดูดซับไอออนของโลหะได้น้อย ซึ่ง อาจจะเป็นไปได้ว่ามีสาเหตุมาจาก moisture regain value (.SHUKLA ,1991.)

การใช้กากกาแฟในการกำจัดปรอทจากน้ำเสีย โดยการนำกากกาแฟมาบำบัดขั้นต้น (pretreat) ด้วย 0.5 M NaOH การทดลองจะใช้กากกาแฟ 2 กรัม บรรจุในคอลัมน์ ผลปรากฏว่า กากกาแฟสามารถกำจัดปรอทได้ประมาณร้อยละ 99.9 เมื่อในสารละลายมีพีเอชเท่ากับ 3 และ กำจัดปรอทได้ร้อยละ 99 ที่พีเอชเท่ากับ 11 ส่วนในการแยก (recovery) สามารถแยกได้ร้อยละ 70 ที่พีเอชเท่ากับ 11 ด้วยการใช้ตัวชะคือ HCl ที่มีความเข้มข้น 1 M วิธีการวิจัยโดยการนำกากกาแฟ 200 กรัมมาทำให้แขวนลอยใน 0.5 M NaOH 1 ลิตร กวนด้วยแท่นแม่เหล็ก 1 ชั่วโมง ทิ้งให้ ตกตะกอน แล้วรินสารละลายทิ้งและทำซ้ำมากกว่า 2 ครั้ง และครั้งสุดท้ายต้องมีพีเอชประมาณ 5-5.6 จากนั้นสารนี้จะถูกเขย่าด้วย 0.5 HCl 1 ลิตร จนพีเอชประมาณ 5.5-6 สภาพดังกล่าวจะสามารถกำจัดสีที่มีอยู่ในกากกาแฟได้ แล้วจึงนำตะกอนที่ได้ไปอบแห้งที่ 105 °C ซึ่งจะได้น้ำหนักแห้งประมาณ 67 กรัม ส่วนผลของความเข้มข้นของคลอไรด์ต่อการดูดซับปรอท ในกรณีที่มีความเข้มข้นของคลอไรด์สูง ๆ สภาพที่จะกำจัดปรอทควรจะมีการปรับพีเอชให้อยู่ในช่วง 10-11 แม้ว่า การกำจัดปรอทสามารถกำจัดได้ร้อยละ 99 ในสภาวะที่พีเอช 11 ต้องมีการบำบัดน้ำให้มีความเป็น ด่างก่อนซึ่งจุดนี้จะต้องพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย(Macchi, 1986)

การใช้ไบซาในการดูดซับตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ซึ่งจำนวนของการดูดซับขึ้นอยู่กับ พีเอช , ionic strength, ความเข้มข้นของโลหะหนัก, ความเข้มข้นของสารรบกวน สารลดแรงตึงผิว พบว่า ความสามารถในการดูดซับตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสี ของไบซาเป็น 0.38 0.28 และ 0.18 มิลลิโมล/กรัม การทดลองโดยใช้คอลัมน์ (column) ซึ่งประสิทธิภาพในการดูดซับได้เกือบร้อยละ 100 สำหรับตะกั่ว 100 ส่วนในล้านส่วน ที่พีเอชเท่ากับ 6 และใช้ไบซา 1.8 กรัม อัตราการไหลเท่ากับ 25 มิลลิลิตร/นาที ความสามารถในการดูดซับตะกั่วมากกว่าแคดเมียมและมากกว่าสังกะสี ตาม ลำดับ Selvendran และ Perera พบว่า ไบซาแห้งประกอบด้วยผนังเซลล์ร้อยละ 45 ซึ่งเป็นสารที่ไม่ ละลายน้ำซึ่งประกอบด้วยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสร้อยละ 37 ลิกนินและโปรตีนร้อยละ 15 และ

ประมาณหนึ่งในสามของไบซาแห่งนี้จะประกอบด้วย polyphenols และ acidic functional groups ซึ่งจะเป็นส่วนที่ช่วยในการกำจัดโลหะหนักได้ ไบซาที่ใช้จะต้องมีการบำบัดขั้นต้นด้วยการต้มในน้ำร้อน 10 นาที และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60-80 mesh แล้วนำไปกระจายในสารละลายกรด (0.01 M HNO_3) 2 ชั่วโมงนำไปกรองแล้วล้างด้วยน้ำกลั่น แล้วจึงอบแห้งที่ 110°C องศาเซลเซียส ความเข้มข้นที่ใช้เริ่มต้น 0-1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ของผสมจะถูกกวนเป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำไปกรอง วัดโลหะหนักที่หายไปด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชัน ส่วนการศึกษาพีเอชจะใช้ HNO_3 ในการปรับพีเอชเท่ากับ 1-3 และใช้ $0.01 \text{ M acetate buffer}$ ในการปรับพีเอช 4-7 (Tan, 1988)

การใช้ใยจากมะพร้าว (Coconut husk) และใยปาล์ม (Palm pressed fiber) ในการกำจัดโครเมียม $6+$ โดยการทดลองแบบทีละเท (Batch test) ซึ่งพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียม $6+$ สำหรับใยเปลือกมะพร้าว พีเอช 1.5-5 และพีเอช 1.5-3 สำหรับเมล็ดปาล์ม ส่วนความสามารถในการดูดซับ (Adsorption capacity) ประมาณ 29-14 มิลลิกรัม โครเมียม/กรัม ที่ พีเอช 2 การเตรียมใยมะพร้าวและใยปาล์ม นำมาอบแห้งที่ 100°C องศาเซลเซียส นำมาตัดด้วยการใช้เครื่องบดรุ่น FFC-23A แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาด 0.30-0.85 มิลลิเมตร. นำไปต้มประมาณ ชั่วโมงครึ่งด้วยน้ำกลั่น แล้วบำบัดด้วย 1.5 M NaOH , น้ำกลั่น, 2 M HNO_3 ตามลำดับ นำวัสดุที่ผ่านการบำบัด มาอบแห้งค้างคืนที่ 100°C องศาเซลเซียส ผลการศึกษา พีเอช จากการศึกษาแบบทีละเท จะใช้สารละลายโครเมียม $6+$ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ พีเอช 1-6 โดยปรับพีเอช 1-3 ด้วย HNO_3 และพีเอช 4-6 ใช้ acetate buffer ใช้น้ำหนักสาร 0.4 กรัม เขย่าเป็นเวลา 2 ชั่วโมง กรอง และวิเคราะห์หาปริมาณที่เหลือ ส่วนการศึกษาแบบคอลัมน์ จะใช้คอลัมน์ ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร บรรจุสารตัวอย่างสูง 4 8 12 เซนติเมตร ด้วยสารตัวอย่าง 6 12 18 กรัม ภายในคอลัมน์ จะถูกปรับสภาพด้วย 0.01 M HNO_3 จนพีเอช 2 แล้วจึงเติมสารละลายโครเมียม $6+$ 50 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนการ รีเจนเนอเรต จะรีเจนเนอเรต ด้วย 0.05 M NaOH หรือ 0.1 M HNO_3 (W.T. TAX., 1992)

การศึกษาการจับไอออนโลหะหนักด้วยซังข้าวโพด (Corn cob) และซังข้าวโพดรวมกับซีลีเนียมและหัวหอม พบว่าซังข้าวโพดประกอบด้วย SO_3H และ Phenolic group โดยพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์อยู่ระหว่าง 5.6-8.2 การแลกเปลี่ยนจะเกิดที่พีเอชสูง เมื่อน้ำเสียผ่านเรซินทำให้พีเอชลดลง แสดงว่าเรซินที่ใช้มีคุณสมบัติเป็นเรซินแบบกรด ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดสามารถกำจัดตะกั่วได้ร้อยละ 92.5 และร้อยละ 90 เมื่อใช้ซังข้าวโพดขนาด 150 ไมโครเมตร และ 300 ไมโครเมตร ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักเรียงลำดับได้ดังนี้ ตะกั่ว แคลเซียม นิกเกิล ซิงค์ แมกนีเซียม และคอปเปอร์ ตามลำดับ (Odozi, 1985)

การใช้กากแอปเปิลในการกำจัดน้ำเสียสังเคราะห์ ได้แก่ ทองแดง นิกเกิล และสังกะสี โดยปรับสภาพของกากแอปเปิลด้วยกระบวนการทางเคมี คือ Phosphation Reaction และ Crosslinking and Xanthation reaction พบว่า กากแอปเปิลที่ปรับสภาพด้วย Phosphation reaction มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนกับทองแดง 1.6 มิลลิควิวาเลนต์/กรัม ส่วนกากแอปเปิลที่ปรับสภาพด้วย Crosslinking and Xanthation reaction มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน 1.1 มิลลิควิวาเลนต์/กรัม และกากแอปเปิลที่ไม่ได้ปรับสภาพมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน 0.4 มิลลิควิวาเลนต์/กรัม สำหรับความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนกับนิกเกิลและสังกะสี ของ Phosphation reaction และ Crosslinking and Xanthation reaction และกากแอปเปิลที่ไม่ได้ปรับสภาพ เท่ากับ 1.1 0.6 และ 0.3 มิลลิควิวาเลนต์/กรัม นอกจากนี้พบว่าขนาดของกากแอปเปิล 0.2-0.4 มิลลิเมตร มีความสามารถในการกำจัดโลหะหนักได้ดีกว่าขนาด 0.4-0.64 มิลลิเมตร. และการทำรีเจนเนอเรต จะใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 นอร์มอล (Maranon, 1990)

การศึกษาพีเอช ความเข้มข้นของโครเมียม และปริมาณของซีลีเนียมต่อการดูดซับโครเมียม⁶⁺ ของซีลีเนียม โดยความเข้มข้นของโครเมียมที่ใช้คือ 1 5 10 25 และ 50 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณซีลีเนียมที่ใช้ 1 5 10 25 และ 50 กรัม โดยนำซีลีเนียมใส่น้ำเสียกวนด้วยอัตราเร็ว 50 rpm นาน 6 ชั่วโมง แล้วเก็บน้ำที่ 0 30 60 180 และ 360 นาที พบว่าการกำจัดโครเมียมเกิดได้ดีที่พีเอชต่ำคือประมาณ 2.8 ซึ่งสามารถดูดซับโครเมียมได้ 0.415 มิลลิกรัม/กรัม และน้ำเสียที่ผ่านซีลีเนียมจะมีพีเอชเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 8.5-9 ส่วนน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำ คือ 1-5 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ความสามารถในการกำจัดโครเมียมได้สูงขึ้น แต่ในกรณีถ้าน้ำเสียมีความเข้มข้นของโครเมียมสูง ๆ พบว่าปริมาณซีลีเนียม 150 กรัมประสิทธิภาพในการกำจัดจะมีค่าใกล้เคียงกัน (Srivastara, 1985)

การดูดซับสังกะสี Zn^{2+} ทองแดง Cu^{2+} และตะกั่ว Pb^{2+} ของเปลือกไม้สน (Pinus pinaster bark) ที่ถูกนำมาบำบัดขั้นต้น (Pretreated) ด้วยสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ซึ่งความสามารถของการดูดซับของโลหะหนักจะขึ้นอยู่กับพีเอช ของสารละลายแคตไอออน ดังนั้นเปลือกไม้จึงเป็นตัวดูดซับที่เหมาะสมและดีเยี่ยม ในการกำจัดไอออนที่เป็นพิษจากน้ำเสีย เนื่องจากประสิทธิภาพสูง และราคาถูก (Vazquez, 1994)

เยื่อของเปลือกไข่มีลักษณะเป็นโครงร่างตาข่าย มีความเสถียร และเป็นใยที่ไม่ละลายน้ำ รวมถึงการมีพื้นที่ผิวมาก เยื่อเปลือกไข่ (Egg shell membrane) สามารถสะสมและกำจัดไอออนของโลหะหนักจากสารละลายเจือจาง ซึ่งประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนักจะขึ้นอยู่กับพีเอช และลักษณะเฉพาะของสารละลายนั้น สำหรับโลหะที่มีค่า เช่น ทอง (Au) แพตตินัม (Pt) และพาลาเดียม (Pd) จะมีการสะสมในเปลือกไข่ในอัตราร้อยละ 55 25 และ 22 ตามลำดับ ต่อน้ำหนัก

แห่งของเยื่อเปลือกไซ ซึ่งการทดลองดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการกำจัด การแยก และการควบคุมมลพิษทางน้ำได้ (Suyama , 1994)

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เปลือกไม้สนสำหรับการลดความปนเปื้อนของโลหะหนักบางชนิด เช่น ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในการกำหนดพารามิเตอร์ สำหรับการกำจัดโลหะหนัก ได้แก่ ชนิดของไอออน ขนาดของตัวดูดซึม (Absorbents' s fraction size) ความเข้มข้น และระดับพีเอชของสารละลาย เชื่อกันว่าสภาวะที่เหมาะสมของการกำจัดโลหะหนักของเปลือกไม้สนอาจนำไปสู่การแก้ปัญหามลพิษจากน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมได้ (de vasconcelos , 1992)

ตามปกติของเปลือกจากป่าไม้ เช่น เปลือกไม้ (เช่นเปลือกไม้แดง red wood bark) สามารถถูกนำไปใช้ในการกำจัดไอออนบวกของโลหะหนักที่เป็นพิษจากเหมืองแร่ และน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม โลหะหนักอยู่รอบ ๆ บริเวณเปลือกไม้จะถูกแลกเปลี่ยน (Ion exchange) กับ H^+ ทั้ง แบบที่ละเทและแบบคอลัมน์ต่อเนื่องซึ่งมีข้อจำกัดคือสารละลายที่ใช้จะมีจำนวนของไอออนบวกน้อย ๆ (Randall , 1974)

การศึกษาระดับการดูดซับของปรอท (mercury) ที่ 1-10 ส่วนในล้านส่วน ด้วยสารอินทรีย์ (Organic matter) โดยใช้น้ำเสียจากแม่น้ำออตตาวา (Ottawa) สารอินทรีย์ที่ใช้ในการดูดซับได้แก่ Ground rubber และซีลี้อยอ่อน (Soft wood sawdust) ปรอทที่ศึกษาจะอยู่ในรูปของอินทรีย์และอินทรีย์ พบว่า ความเข้มข้นเท่ากัน สารอินทรีย์สามารถดูดซับปรอทในรูปอินทรีย์ได้ดีกว่าปรอทในรูปอินทรีย์ ส่วนสารอินทรีย์ที่ดูดซับได้ดีคือ ซีลี้อย (Ramamoorthy, 1979)

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากอินทรีย์สารที่มีราคาถูกและมีมาก เช่น penut hull, bark, และ composted bark ในการกำจัดประจุของโลหะที่เป็นพิษจากน้ำทิ้ง พบว่าวัสดุดังกล่าวสามารถดูดซับโลหะหนักได้ เช่นปรอท ทองแดง นิกเกิล แคดเมียม และสังกะสี (Henderson ,1977)

การเลือกใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนชนิดสังเคราะห์ (synthetic ion exchange resin) ในการบำบัดและแยกโลหะหนักออกจากสารละลาย ได้มีการนำกาบมะพร้าวซึ่งมีใยมาใช้ในการกำจัดเหล็ก ตะกั่วแมงกานีส สังกะสี แมกนีเซียม นิกเกิล แคดเมียม และทองแดง โดยวิธีใช้กาบมะพร้าว 1 กรัม ใส่ลงในสารละลายที่มีโลหะหนักอยู่ เขย่า 1 ชั่วโมง ซึ่งหลังจากเก็บน้ำมาวิเคราะห์หาโลหะที่เหลือพบว่า สามารถกำจัด ตะกั่ว แมงกานีส แมกนีเซียม ได้ร้อยละ 93 กำจัดนิกเกิลได้ร้อยละ 98 กำจัดแคดเมียมร้อยละ 99 กำจัดตะกั่วได้ร้อยละ 97 และกำจัดทองแดงได้

ร้อยละ 87 สำหรับการกำจัดทองแดง แมงกานีส และเหล็กจะไม่ขึ้นกับขนาด (particle size) ของ กาบมะพร้าว (Manas , 1988)

พฤติกรรมการดูดซับแคดเมียม และทองแดง ด้วยซิงค์ข้าวโพดที่ถูกรับปรุงแล้ว (modified) ด้วยกลุ่มไธออน(thiol group) พบว่าการกำจัดแคดเมียม และทองแดงด้วยซิงค์ข้าวโพดที่มีการปรับปรุงแล้วจะถูกดูดซับไธออนได้ดีกว่าซิงค์ข้าวโพดที่ไม่ได้พัฒนา และการดูดซับแคดเมียมจะถูกดูดซับได้ดีกว่าทองแดง ซึ่งข้อมูลในการดูดซับถูกแสดงด้วยสมการที่เรียกว่า Langmuir isotherm equation (Okieiman ,1989)

การใช้สารร่าย และข้าวเปลือกในการดูดซับโลหะหนักจากน้ำทิ้ง ซึ่งสารที่ดูดซับทั้งสอง จะถูกทำให้แห้งและทำให้เป็นผง (pulverize) เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว สำหรับการทดสอบด้วยสารร่าย พบว่าสามารถดูดซับตะกั่วได้มากกว่าร้อยละ90 โคบอลต์ได้มากกว่าร้อยละ98 ส่วนข้าวเปลือก สามารถดูดซับสตรอนเชียมได้มากกว่าร้อยละ 94 และตะกั่วได้มากกว่าร้อยละ 99 (Roy, 1993)

ประสิทธิภาพการใช้ของเหลือจากการเกษตรที่มีราคาต่ำ เช่น ชานอ้อย ผงแป้ง ข้าวเปลือก ฟางข้าว ผิวหอม และผิวกระเทียม ถูกนำมาวิจัยสำหรับการจับยึดโลหะหนักที่เป็นพิษ เช่น ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี และแคดเมียมจากสารละลาย ส่วนประสิทธิภาพการแยกประจุของ โลหะจะใช้สารหลาย ๆ ชนิด พบว่าผิวหอมสามารถจับโลหะหนักในสารละลายได้มากที่สุด (Kumar , 1981)

ซีลี้อยที่หาง่ายราคาถูกสามารถนำมากำจัดโครเมียม ตะกั่วและแคดเมียม ที่มีความเข้มข้นต่ำ ๆ ได้ งานวิจัยฉบับนี้จะทำในห้องปฏิบัติการ โดยจะศึกษาแบบที่ละเทโดยการศึกษาจะใช้น้ำหนักซีลี้อยต่าง ๆ ได้แก่ 1 5 10 25 50 กรัม กวนกับน้ำที่มีความเข้มข้นของโครเมียม ตะกั่วต่าง ๆ ได้แก่ 1 5 10 25 50 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า ที่ความเข้มข้นของโครเมียม ตะกั่ว และแคดเมียม ที่มีความเข้มข้นต่ำ ซีลี้อยสามารถที่จะกำจัดโลหะหนักดังกล่าวในอัตราร้อยละ 90-99 80-98.5 และ60-88 ตามลำดับส่วนความเข้มข้นสูง ๆ การกำจัดโลหะหนักจะต่ำกว่า โดยกำจัดในอัตรา ร้อยละ 55-75 6-30 และ0-7 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าโครเมียมจะถูกซีลี้อยจับได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับ ตะกั่ว และแคดเมียม ในการทดลองจะใช้วิธีจาร์เทส (jar test) ด้วยความเร็ว 50 รอบต่อนาที ต่อเนื่องเป็นเวลา 6 ชั่วโมง (.Bhargava, 1987)

ถ่านฟีดมีความเหมาะสมในการกำจัดหรือบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากฟีดเป็นสารที่มีโมเลกุลที่มีซิว เป็นสารที่มีรู (highly porous material) ราคาถูกและง่ายต่อการใช้ ฟีดสามารถนำมาใช้ในการกำจัดสารที่ไม่บริสุทธิ์จากน้ำเสีย เช่นการกำจัดน้ำมัน โลหะหนัก กลิ่น และยาฆ่าแมลง รวมถึงการใช้ถ่านฟีดในการกำจัดสารอาหารจากอุตสาหกรรมและครัวเรือน จากของทิ้งจากการปศุสัตว์ ซึ่งจะ

ขอล่าวในส่วนของการใช้พีตในการกำจัดโลหะหนักดังนี้ Eger et al (1981) ประสบความสำเร็จมากถึงร้อยละ 99 ในการกำจัดทองแดง ส่วน Bencheikh-Lehocine(1989) รายงานประสิทธิภาพของการกำจัดสังกะสีถึงร้อยละ 93-96 Lalancette and Coupal (McIellan and Rock;1986) แสดงให้เห็นว่าพีตสามารถดูดซับแคดเมียม สังกะสี ตะกั่ว และทองแดง ในขณะที่เดียวกันก็ยังสามารถลดความเข้มข้นของปรอทได้อีกด้วย ในสหรัฐอเมริกา พื้นที่ชุ่มน้ำ 25 แห่ง ถูกสร้างขึ้นในการบำบัดน้ำจากเหมืองแร่ พื้นที่ทั้งหมดสามารถลดเหล็ก และความเป็นกรดได้ถึงร้อยละ 50-96 นอกจากนี้พีตยังสามารถที่จะนำไปใช้ในการบำบัดน้ำชะ (leachate) จากการฝังกลบของขยะ (sanitary landfill) ซึ่งพบว่าสามารถลด ซิลิเนียม โครเมียม อาร์ซีนิก แบริลเรียม และเงิน เป็นต้น (Denis ,1993)

จะเห็นได้ว่าวัสดุที่เหลือจากการเกษตร (agricultural waste) สามารถนำมาบำบัดโลหะหนักในน้ำได้ ซึ่งประสิทธิภาพขึ้นกับองค์ประกอบหลาย ๆ ประการ เช่น ลักษณะเฉพาะของวัสดุที่ใช้ ค่าพีเอชของน้ำ ประเภทของโลหะหนัก เป็นต้น ดังนั้นประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีการบริโภค และส่งออกจากผลิตภัณฑ์จากการเกษตรมาก เมื่อเป็นเช่นนั้นของเหลือจากการเกษตรกรรม เช่น ฟางข้าว เปลือกข้าว กากถั่วเหลือง เป็นต้น จึงเป็นจุดสนใจในการใช้ประโยชน์เพื่อการบำบัดน้ำเสียได้และจะได้ผลดีกว่าการนำวัสดุดังกล่าวไปทำลาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย