

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

2.1.1 คุณสมบัติทั่วไปของโครเมียม

โครเมียม (Chromium) เป็นธาตุในหมู่ VIB ของตารางธาตุ น้ำหนักอะตอม 51.996 amu จุดหลอมเหลว 1875 °C จุดเดือด 2665 °C ความหนาแน่น 7.19 g/ml. โดยทั่วไปพบโครเมียมได้ในน้ำ ดินหรือหิน จะอยู่ในสภาพเป็นของแข็ง มีลักษณะเป็นโลหะเงินสีขาว มันวาว มีความแข็งแรงต่อการกัดกร่อนได้ดี สามารถดัด และขึ้นรูปได้หากมีความบริสุทธิ์สูงจะมีสีขาวออกฟ้าอ่อน ยกเว้นในรูปของโครมิลคลอไรด์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบโครเมียมเฮกซะวาเลนต์ โดยทั่วไปอยู่ในสภาพเป็นของเหลว (fuming liquid) การเป็นพิษของโครเมียมมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพวาเลนต์ของโลหะโครเมียม อาจจะปรากฏอยู่ในสภาพโลหะ (วาเลนต์ 0) และในสภาพวาเลนต์ +2 ถึง +6 ส่วนใหญ่มักพบอยู่ในสภาพไตรวาเลนต์ (+3) และเฮกซะวาเลนต์ (+6) โครเมียมในสภาพ +2 มักถูกออกซิไดซ์อย่างรวดเร็วไปเป็นสภาพ +3,+4 และ +5 มักพบเฉพาะสารระหว่างกลางในการเปลี่ยนสภาพระหว่าง +3 และ +6 เท่านั้น

ในธรรมชาติโครเมียมปรากฏในเหมืองแร่ในรูปของสารประกอบโครเมียมออกไซด์กับเหล็ก ($Fe = Cr_2O_3$) โครเมียมมักอยู่ในสภาพไตรวาเลนต์ มักมีอะลูมิเนียมและแมกนีเซียมออกไซด์ รวมทั้งอาจมีไททานเนียมและ/หรือวานาเดียมออกไซด์ปะปนอยู่ในปริมาณต่าง ๆ กันด้วย

2.1.2 การนำโครเมียมไปใช้ประโยชน์

โครเมียมนำมาใช้งานมากในอุตสาหกรรมชุบโลหะด้วยไฟฟ้า เช่น ชุบชิ้นส่วนรถยนต์อุปกรณ์ไฟฟ้านำมาผสมกับโลหะระหว่างโครเมียม เหล็ก และนิกเกิล เป็นโลหะผสมปราศจากสนิม และผสมกับโลหะอื่นแต่ละตัว เช่น โคบอล และไททานเนียม เป็นโลหะผสมปราศจากสนิม และผสมกับโลหะธรรมดา งานอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่นำโครเมียมมาใช้ ได้แก่ การพิมพ์ภาพด้วยเพลตโลหะการผลิตหลอดภาพโทรทัศน์ การทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ การใช้ปูนซีเมนต์ การผลิตสีย้อม การผลิตสิ่งทอ การป้องกัน การกัดกร่อน และทำให้เกิดความมันวาวใช้เคลือบโลหะใช้เป็นผงสีเขียวในสี เซรามิก วาร์นิช และหมึกใช้ในการล้างทำความสะอาดเครื่องแก้วในห้องปฏิบัติการ (ชูลีกร ธนธิตกร. 2554)

2.1.3 การปนเปื้อนโครเมียมและการแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม

การปนเปื้อนของโครเมียมสามารถปนเปื้อนได้หลายทาง อาทิเช่น การปนเปื้อนทางน้ำ การปนเปื้อนทางอากาศ การปนเปื้อนทางดิน เป็นต้น

การปนเปื้อนทางน้ำ ส่วนใหญ่พบในน้ำเสีย และถูกปล่อยลงสู่น้ำลำคลอง ทั้งในรูปโครเมียมอิสระและเกลือของโครเมียม ซึ่งจะไม่ตกตะกอนหรือรวมตัวกับดิน จึงสามารถเคลื่อนย้ายไปยังแหล่งน้ำต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ปนเปื้อนไปกับน้ำที่มนุษย์ใช้ในการอุปโภค และบริโภคได้ง่ายขึ้น เมื่อเกิดปนเปื้อนในแหล่งน้ำต่าง ๆ โครเมียมก็จะสะสมในน้ำตะกอนดินพืชและสัตว์น้ำในที่สุดก็อาจได้รับสู่ร่างกายทางห่วงโซ่อาหาร (อุไรวรรณ และคณะ. 2541)

การปนเปื้อนทางอากาศ ส่วนใหญ่มาจากแหล่งอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมการทำเหมืองแร่ อุตสาหกรรมพ่นสี มักจะแพร่กระจายในรูปของฝุ่นและละอองสารที่มีโครเมียมผสมอยู่ การแพร่กระจายในรูปแบบนี้มักพบกับคนในชุมชนใกล้เคียงมีโอกาสได้รับสารโครเมียมเข้าสู่ร่างกายมากที่สุด และเมื่อฝุ่นหรือละอองสารตกตะกอนจะแพร่กระจายเข้าสู่แม่น้ำลำคลองโดยการชะของฝนต่อไปทั้งนี้อาจมีปริมาณการปนเปื้อนเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น

การปนเปื้อนทางดิน ส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นโรงงานอุตสาหกรรม การทำเกษตรกรรม การทิ้งวัสดุสารเคมีที่เหลือใช้ หรือน้ำเสียชุมชน เป็นที่มาของการสะสมสารพิษในดิน และผลสุดท้ายมนุษย์ก็เป็นผู้ได้รับผลกระทบนั่นเอง โดยการใช้ดินเป็นแหล่งทิ้งขยะชุมชน ทำให้ดินบริเวณนั้นเกิดการปนเปื้อนของโลหะหนัก เพราะในขยะชุมชนมักมีขยะของเสียอันตราย เช่น เศษเหล็กต่าง ๆ ที่ถูกเคลื่อนให้เกิดความมั่นใจ สีสเปรย์หรือสีพ่น ทั้งล้วนแต่มีโครเมียมเป็นองค์ประกอบ

2.1.4 ความเป็นพิษของโครเมียม

โลหะหนักมีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยมักสะสมอยู่ในห่วงโซ่อาหารและในกระบวนการทางชีวภาพ เมื่อมนุษย์บริโภคเข้าไปโดยตรง เช่น ได้รับการสัมผัส หรือโดยอ้อม เช่น บริโภคผัก ผลไม้ ก็อาจทำให้เกิดอันตรายได้ อย่างไรก็ตามในระบบห่วงโซ่อาหารนั้น พิษของโลหะหนักจะสะสมเพิ่มมากขึ้น กล่าวคือ ถ้าน้ำมีโลหะหนักเข้าสู่ดิน เข้าสู่พืช และคนที่บริโภคเป็นคนสุดท้ายก็จะได้รับมากกว่าพืช เพราะมีการสะสมเพิ่มขึ้น (จันทร์ศรี ดนูนาถ. 2539)

ความเป็นพิษของโครเมียมและสารประกอบโครเมียมสามารถแบ่งออกเป็น

1) ความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน มักพบในกรณีได้รับโดยการกินโครเมียมเฮกซะวาเลนต์ เช่น chromic acid ทำให้เกิดการระคายเคือง ทำให้มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องเป็นอันตรายต่อกระเพาะอาหาร และลำไส้ ไตวายเสียชีวิตได้ปริมาณโครเมียมเฮกซะวาเลนต์ที่ทำให้เสียชีวิตได้ในผู้ใหญ่ คือ 1-3 กรัม

2) ความเป็นพิษแบบเรื้อรัง มักพบในคนงานที่ต้องทำงานสัมผัสกับโครเมียมและสารประกอบโครเมียมเป็นเวลานาน ๆ สามารถแบ่งออกเป็น

2.1) เป็นพิษต่อผิวหนังและทางเดินหายใจ มักมีสาเหตุจากการสัมผัสโครเมียมเฮกซะวาเลนต์เป็นระยะเวลาสั้น ๆ ทำให้เกิดแผลเรื้อรังได้โดยบริเวณที่สัมผัสได้แก่ มือ และแขน

ระบบทางเดินหายใจ เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อบุโพรงจมูกตาแดง น้ำตาไหล น้ำมูกไหล คัดและแสบจมูกในกรณีที่รุนแรงอาจเกิดแผลเรื้อรังในเยื่อบุจมูกจนเกิดผนังกันจมูกทะลุได้

2.2) เป็นสารก่อให้เกิดมะเร็ง (carcinogenicity) โดยหน่วยงาน The International Agency for Research on Cancer (IARC) และ US Toxicology Program จัดโครเมียมเฮกซะวาเลนต์เป็น human carcinogen เพราะมีความสามารถในการละลายน้ำที่ดีในคนงานที่ทำงานสัมผัสกับโครเมียมเฮกซะวาเลนต์เป็นเวลามากกว่า 30 ปีขึ้นไป จะมีความเสี่ยงสูงในการเกิดโรคมะเร็งและพบว่าเป็นโรคมะเร็งปอดมากกว่าโรคมะเร็งชนิดอื่น (จิระฉัตร ศรีแสน. 2555)

2.1.5 คุณลักษณะสำคัญของน้ำ

การพิจารณาคูณภาพน้ำ อาจจำแนกคุณลักษณะของน้ำ ออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ได้แก่ คุณลักษณะทางกายภาพ คุณลักษณะทางชีวภาพ และคุณลักษณะทางเคมี (แดง เลิศศรี. 2541) แต่ในที่นี้จะพิจารณา 2 ประเภท ได้แก่ คุณลักษณะทางกายภาพ คุณลักษณะทางชีวภาพ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะสำคัญของน้ำ

พารามิเตอร์	ความหมาย
คุณลักษณะทางกายภาพ	
สภาพการนำไฟฟ้า (Conductivity)	ความสามารถของตัวอย่างน้ำในการนำกระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่าน
ความขุ่น (Turbidity)	สารแขวนลอยในน้ำ เช่น ดิน ตะกอน ซากพืช ซากสัตว์ แพลงตอนและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กชนิดอื่น ๆ เมื่อแสงส่องกระทบสารพวกนี้จะทำให้เกิดการกระจัดกระจาย การดูดกลืนของแสงทำให้เห็นเป็นน้ำขุ่น
คุณลักษณะทางชีวภาพ	
พีเอช (PH)	ค่าที่แสดงถึงปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในน้ำ โดยที่น้ำที่มีความเป็นกรดหรือเบสสูงมักจะใช้ประโยชน์ได้น้อยในการใช้เป็นน้ำดื่มเพราะอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย

2.1.6 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Health Risk Assessment)

เป็นกระบวนการศึกษาอย่างเป็นระบบเพื่อพรรณนาและวัดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นโดยการพิจารณาความสัมพันธ์ของสิ่งคุกคามกระบวนการการกระทำและสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับตอบคำถามในสิ่งที่สนใจว่าความเสี่ยงทั้งทางด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมมีความสัมพันธ์กับสิ่งคุกคามอย่างไรและมีความเสี่ยงอยู่ในระดับใด

1) หลักการในการประเมินความเสี่ยง

พรพิมล กองทิพย์. 2545 ให้นิยามว่าความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Health risk) เป็นความน่าจะเป็นที่จะเกิดอันตรายต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสอันตรายในสถานการณ์ที่เป็นจริง ความเสี่ยงต่อสุขภาพแปรเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความรุนแรงของอันตรายต่อสุขภาพและระดับการรับสัมผัสต่ออันตรายนั้น

$$\begin{array}{l} \text{Health risk} \\ \text{ความเสี่ยงต่อสุขภาพ} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Hazard X Exposure} \\ \text{อันตราย X การรับสัมผัส} \end{array}$$

หลักของการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพนั้น คือ การประเมินหาว่าได้รับสัมผัส กับอันตราย ใดๆ ใดอย่างหนึ่งซึ่งมากเกินไปและอาจนำไปสู่ความเจ็บป่วยหรืออันตรายต่อสุขภาพหรือ หมายถึง ลักษณะของสถานการณ์หรือการกระทำใด ๆ ที่มีผลลัพธ์ได้มากกว่า 1 อย่าง โดยไม่สามารถบอกได้อย่างแน่นอนว่าจะเกิดผลลัพธ์นั้น ๆ ได้หรือไม่ และอย่างน้อยหนึ่งในผลลัพธ์นั้นไม่พึงประสงค์ โดย

- มุ่งเน้นอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการตรวจวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ อาศัยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ การตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

- สามารถอธิบายโดยใช้เหตุผล สามารถทดลองหรือทำซ้ำได้

- ใช้ตัวเลขในการอธิบายปรากฏการณ์ แต่มักต้องมีเงื่อนไข กฎเกณฑ์หรือสมมติฐานเข้ามาช่วยในการดำเนินการประเมิน (เพ็ญศรี วัจฉลฤณาน. 2554)

การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) เป็นกระบวนการหนึ่งที่ Codex Committee on Food Additive and Contaminants (CCFAC) ภายใต้องค์การอนามัยโลก องค์การอาหารและเกษตรกรรมแห่งสหประชาชาติ (World Health Organization / Food and Agriculture Organization of United Nations หรือ WHO/ FAO) ที่มีหน้าที่ในการกำหนดมาตรฐานอาหารและส่วนผสมในอาหารระหว่างประเทศได้เลือกมาเป็นวิธิต่างที่ใช้ในการลดความเสี่ยงจากอันตรายทั้ง 3 ด้าน คือ อันตรายด้านกายภาพ ด้านเคมีและด้านชีวภาพที่พบอยู่ในอาหาร โดยเฉพาะความเสี่ยงที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและสารพิษ อีกทั้งยังเป็นวิธีการที่นำมาใช้ได้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มาใช้ประกอบการตัดสินใจกรณีเกิดข้อพิพาททางการค้า สินค้าอาหารที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของอาหารในระดับนานาชาติ

การประเมินความเสี่ยง คือ กระบวนการศึกษาอย่างเป็นระบบเพื่อพรรณนาและวัดความเสี่ยงที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งคุกคามกระบวนการการกระทำหรือเหตุการณ์ใด ๆ ถือได้ว่าการประเมินความเสี่ยง

เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในการวิจัยที่จะตอบคำถามบางประเด็น เพราะโดยวัตถุประสงค์แล้ว ต้องการที่จะตอบคำถามว่าความเสี่ยงด้านสุขภาพมีความสัมพันธ์กับสิ่งคุกคามอย่างไร และเสี่ยงมากน้อยเพียงใด โดยการประเมินความเสี่ยงเป็นการศึกษาเชิงปริมาณที่สามารถตรวจวัดตัวแปรต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขและสามารถแปรค่าได้ (พงศ์เทพ วิวรรณเดช. 2547)

ในทางวิชาการสามารถแบ่งการประเมินความเสี่ยงออกเป็น 2 สาขาวิชา คือ การประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมหรือระบบนิเวศ (Environmental or Ecological Risk Assessment) และการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ (Health Risk Assessment) โดยการประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมเป็นเรื่องการประเมินผลกระทบจากมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยา เป็นเรื่องที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมากจึงทำได้ค่อนข้างยาก ในขณะที่การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพเป็นการศึกษาถึงผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพมนุษย์ ซึ่งทำได้ง่ายกว่า

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ หมายถึง การประเมินความเสี่ยงที่ศึกษาถึงผลกระทบที่มาจากสิ่งแวดล้อมแล้วก่อให้เกิดผลต่อสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะการศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม คือ (พงศ์เทพ วิวรรณเดช. 2547)

2) ประเภทของการประเมินความเสี่ยง

2.1) การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ (Quantitative Risk Assessment) มุ่งเน้นการศึกษาที่อาศัยหลักทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน ได้แก่ การศึกษาที่เน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถตรวจวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ เป็นตัวเลขโดยอาศัยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์หรือการทดสอบตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ สามารถอธิบายได้โดยใช้หลักเหตุและผล และสามารถทดลองซ้ำได้ เป้าหมายสุดท้ายของประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณนี้จะใช้ประโยชน์เป็นข้อมูลนำเข้า (input) สำหรับการประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพการประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพ

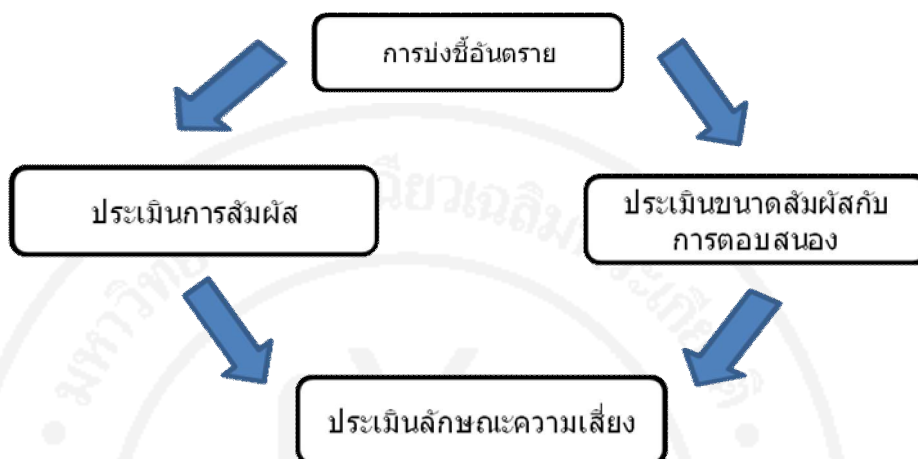
2.2) การประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพ (Qualitative Risk Assessment) เป็นการศึกษาเพื่อมุ่งเน้นอธิบายปรากฏการณ์เชิงสังคมศาสตร์และมนุษยวิทยา โดยอาศัยการเก็บข้อมูลที่ใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (in-depth interview) การสัมภาษณ์เฉพาะกลุ่ม (focus group interview) ร่วมกับเทคนิคการศึกษาอื่น ๆ เช่น การศึกษาแบบมีส่วนร่วม (participatory action research) วิธีการเชิงคุณภาพจะเน้นความหลากหลายและครอบคลุมของข้อมูลเพื่อเสนอผลให้เห็นในหลายแง่มุม

โดยส่วนใหญ่การศึกษาทั้ง 2 วิธี จะต้องทำควบคู่กันไปเพราะหลายครั้งที่ทั้ง 2 วิธีต่างเป็นข้อมูลนำเข้าและป้อนกับซึ่งกันและกัน ผลที่ได้จากการศึกษาทั้ง 2 วิธีร่วมกันช่วยลบจุดด้อยที่มีในแต่ละวิธีให้หมดไป ทำให้ผลการศึกษามีความน่าเชื่อถือและความสามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ตรงจุดกว่าการใช้การศึกษาเพียงวิธีใดวิธีหนึ่งเท่านั้น (พงศ์เทพ วิวรรณเดช. 2547)

2.3 ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

สำหรับขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ มีอยู่ 4 ขั้นตอน (เพ็ญศรี วัจฉละญา. 2554) ดังแสดงในแผนภูมิที่ 1 และรายละเอียดแต่ละขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงดังแสดงในตารางที่ 2

แผนภูมิที่ 1 ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ



ตารางที่ 2 ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยง	คำอธิบาย
1. การบ่งชี้อันตราย	เป็นการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาคำตอบว่าสิ่งคุกคามอยู่นั้นมีอยู่จริงหรือไม่
2. การประเมินขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง	การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดที่เป็นประชากรได้รับ และผลกระทบทางสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากการได้รับ
3. การประเมินการสัมผัส	เป็นวิธีการประมาณหรือการวัดขนาดของสิ่งคุกคามที่บุคคลประชากร ระบบนิเวศได้รับ
4. การอธิบายลักษณะความเสี่ยง	เป็นการอธิบาย พรรณนาถึงลักษณะธรรมชาติความเสี่ยง โดยบอกถึงขนาดและความไม่แน่นอนและสิ่งคุกคามนั้นมีโอกาสก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพมากน้อยเพียงใด

2.4 องค์ประกอบของการประเมินความเสี่ยงตามแนวทาง WHO/FAO แบ่งการประเมินความเสี่ยงออกเป็น 4 ขั้นตอนพร้อมรายละเอียดแต่ละขั้นตอน (พงค์เทพ วิวรรณเดช. 2547) ดังแสดงในตารางที่ 3

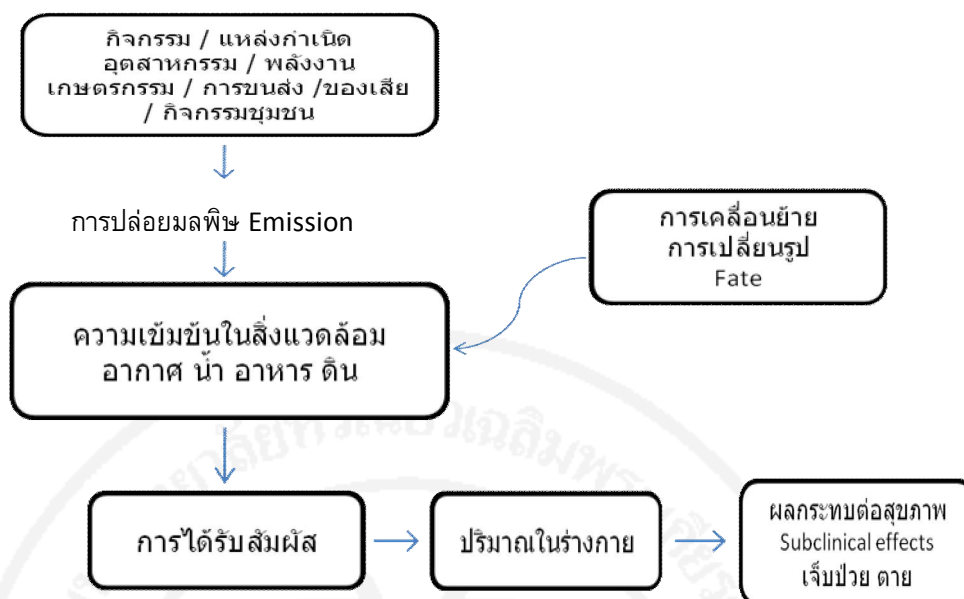
ตารางที่ 3 องค์ประกอบของการประเมินความเสี่ยง

องค์ประกอบของการประเมินความเสี่ยง	คำอธิบาย
1. การแสดงถึงความเป็นอันตราย (Hazard Identification)	ความเป็นอันตรายของสารพิษ หรือจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคที่จะทำการประเมินความเสี่ยง ซึ่งหมายถึงว่า ต้องมีการพิจารณาว่าสารพิษ หรือจุลินทรีย์ก่อโรคที่มีอยู่ในอาหารนั้นเป็นอันตรายต่อสุขภาพร่างกายหรือไม่ โดยพิจารณาจากข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่
2. การอธิบายลักษณะของอันตราย (Hazard Characterization)	เป็นการบอกหรือแสดงข้อมูลอันตรายจากสารพิษ หรือจุลินทรีย์ก่อโรคนั้น ๆ ร่างกายเราต้องได้รับในปริมาณใดและได้รับในความถี่เท่าไร จึงก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ
3. การประเมินการได้รับสัมผัส (Exposure Assessment)	เป็นการประเมินในเชิงคุณภาพหรือในเชิงปริมาณถึงความเป็นไปได้ที่ผู้บริโภคหนึ่งคน หรือประชากรหนึ่งกลุ่มจะได้รับสารพิษหรือจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคผ่านทางอาหารเข้าสู่ร่างกายรวมทั้งปริมาณที่รับได้
4. การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk Characterization)	การพรรณนาลักษณะทางธรรมชาติและขนาดของความเสี่ยงในมนุษย์ ซึ่งจะต้องรวมเอาความไม่แน่นอน (uncertainties) เข้าด้วย โดยสรุปผลสุดท้ายที่ต้องการ คือ การตอบคำถามว่าสิ่งคุกคามใด ๆ จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์มากน้อยเพียงใด ซึ่งจำเป็นจะต้องอาศัยความรู้ที่ได้ 3 ขั้นตอน

2.5 แนวคิดมลพิษกับผลกระทบต่อสุขภาพ

กลไกการปล่อย (release mechanism) สารมลพิษถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดเข้าสู่สิ่งแวดล้อมโดยความเข้มข้นที่ปล่อยออกมามีหลายรูปแบบ เช่น การเคลื่อนย้าย การเปลี่ยนรูป หากร่างกายได้รับการสัมผัสในปริมาณมากอาจทำให้เกิดการเจ็บป่วย หรือตายได้ในที่สุดขั้นตอนการปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม (เพ็ญศรี วัจนละญาน. 2554) และ (Adapted from Briggs et al. 1996) แผนภูมิที่ 2

แผนภูมิที่ 2 ขั้นตอนการการปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม



2.1.7 ค่ามาตรฐานของโครเมียมในน้ำ ตะกอนดินและอาหาร

จากการศึกษา พบว่า ความเข้มข้นของโลหะหนักในแต่ละพื้นที่มีค่ามากน้อยต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางธรณีเคมีของแต่ละลุ่มน้ำ ดังนั้น การที่จะประเมินว่าพื้นที่แต่ละแห่งนั้นเกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำ ตะกอนดิน และอาหารหรือไม่ จึงต้องมีการกำหนดมาตรฐานของแต่ละพื้นที่มาใช้ควบคุม ซึ่งค่ามาตรฐานแต่ละพื้นที่ก็จะไม่เท่ากัน เพราะต้องกำหนดเกณฑ์ให้เหมาะสมกับค่าความเข้มข้นพื้นฐาน (background level) ของแต่ละพื้นที่ด้วย ดังตารางที่ 4 และ 5

ตารางที่ 4 ค่ามาตรฐานของตะกอนในแต่ละประเทศ

Metals	USA		Australia- New Zealand		Hong Kong		Thailand (Proposed guideline)	
	ERL	ERM	ISQV-Low	ISQV-High	ISQV-Low	ISQV-High	ERL	ERM
Cr	81	370	80	370	80	370	81	370

หมายเหตุ: หน่วยเป็น mg/kg-dry weight

ERL = Effect Range Low

ERM = Effect Range Median

ISQV = Interim Sediment Quality Values

ที่มา: Pollution Control Department. 2006

ตารางที่ 5 ระดับเกณฑ์พื้นฐานของโลหะหนักในดิน

โลหะหนัก	ระดับเกณฑ์พื้นฐาน ของโลหะหนักในดิน (มก./กก.) ^{1/}	ระดับเกณฑ์พื้นฐาน ของโลหะหนักในดิน (มก./กก.) ^{2/}	ระดับเกณฑ์พื้นฐาน ของโลหะหนักในดิน (มก./กก.) ^{3/}
โครเมียม	100	80	43.4

ที่มา: ^{1/} มาตรฐานของโลหะหนักในดิน กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป

^{2/} เอกสารวิชาการ “ระดับเกณฑ์พื้นฐาน” ของการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินประเทศไทย

^{3/} มาตรฐานตะกอนดินจากสารอันตราย (Sediment Quality Guidelines : SQGs)

ตารางที่ 6 ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำ

พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำผิวดิน ^{1/} (มิลลิกรัมต่อลิตร)	คุณภาพน้ำใต้ดิน ^{2/} (มิลลิกรัมต่อลิตร)
PH	5.9-9.0	-
โครเมียม(Cr)	0.05	ไม่เกิน 0.05

ที่มา: ^{1/} มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. 2537

^{2/} มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน. 2543

ตารางที่ 7 การจำแนกคุณภาพน้ำชลประทานตามสถาบันวิจัยสหรัฐอเมริกา

คุณภาพน้ำ	ค่าความนำไฟฟ้า ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	SAR	ข้อจำกัดในการใช้
น้ำที่มีคุณภาพดี	0-250	0-10	สามารถนำไปใช้ในการชลประทานกับพืชทุกชนิด โดยไม่มีข้อจำกัด
น้ำที่มีคุณภาพปานกลาง	250-750	10-18	สามารถนำไปใช้ในการชลประทานกับพืชที่ทน เค็มได้ปานกลาง ถ้าพืชไม่ทนเค็มจะต้องปลูกบน ดินที่มีการระบายน้ำดี และจะต้องมีการล้างดิน เป็นครั้งคราว

ตารางที่ 7 การจำแนกคุณภาพน้ำชลประทานตามสถาบันวิจัยสหรัฐอเมริกา (ต่อ)

คุณภาพน้ำ	ค่าความนำไฟฟ้า ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	SAR	ข้อจำกัดในการใช้
น้ำที่มีคุณภาพต่ำ	750-2,250	18-26	สามารถนำไปใช้ในการชลประทานกับพืชทนต่อความเค็มได้ดี ดินจะต้องมีการซาบซึมน้ำดีถึงดีมาก และต้องมีการระบายน้ำที่ดี เพื่อไม่ให้มีเกลือทับถมอยู่ในดิน ต้องมีการล้างดินอย่างเพียงพอ
น้ำที่มีคุณภาพต่ำมาก	>2,250	>26	ไม่เหมาะกับการชลประทานในสภาพปกติ ใช้ได้เฉพาะพืชที่ทนเค็มได้สูง ดินมีค่าการซาบซึมน้ำดีมาก และต้องมีมาตรการในการจัดการควบคุมความเค็มเป็นพิเศษ

หมายเหตุ: น้ำที่มีค่าความนำไฟฟ้ามากกว่า 5,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ไม่ควรนำมาใช้ในการชลประทาน

ที่มา: US Salinity Laboratory Staff. 1954

ตารางที่ 8 เกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ระดับความ เข้มข้นที่ เหมาะสม	หมายเหตุ
1	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	5-9	โดยมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวัน ไม่ควรเกินกว่า 2.0 หน่วย
2	ความขุ่น ความโปร่งใส(Transparency) สารแขวนลอย (Suspended Solids)	ชม.	30-60 สูงสุด 25	วัดด้วย Secchi Disc

ที่มา: เอกสารวิชาการ เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด. 2530

ตารางที่ 9 ระดับของโครเมียมที่อนุญาตให้มีได้ในอาหาร

ชนิดโลหะ	ค่ามาตรฐานอาหาร (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
โครเมียม (Cr)	2

ที่มา: ประกาศกระทรวงสาธารณสุข มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. 2529

ตารางที่ 10 มาตรฐานปริมาณสูงสุดของสารโครเมียมที่อนุญาตให้มีได้ในอาหาร

Item	Index (mg/kg)
ผักสด	0.5

ที่มา: มาตรฐานแห่งชาติสาธารณสุขประชาชนจีน

ตารางที่ 11 แสดงตัวอย่าง ค่า RfD ของโครเมียม

สารมลพิษ	RfD
โครเมียม	3×10^{-3} mg/kg/day (Cr^{+6}) 1.5 mg/kg/day (Cr^{+3})

ที่มา: Integrated Risk Information System. 2015

2.1.8 วิธีการปลูกผักกระเฉด

ผักกระเฉดเป็นผักพื้นบ้านตำบลหนองปรือ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการเป็นผักที่มีรสชาติดี เป็นที่นิยมบริโภค สามารถเพาะปลูกได้ง่ายทั้งในสภาพแหล่งน้ำธรรมชาติตามคลองและในนาซึ่งประชาชนชาวตำบลหนองปรือส่วนใหญ่ยึดอาชีพการปลูกผักกระเฉดเป็นการสร้างรายได้ให้กับครอบครัวโดยการปลูกผักกระเฉดมีขั้นตอนดังนี้

1) วิธีการเพาะปลูก

ใช้ต้นพันธุ์ที่มียอดอ่อนความยาวประมาณ 1 เมตร จำนวน 3-5 ต้น ปักดำเป็นกอในแปลงนาที่เตรียมไว้ โดยปักดำให้ลำต้นลึกลงไปดินประมาณ 6-7 เซนติเมตร ปลูกเป็นแถวโดยเว้นระยะห่างระหว่างกอและแถวประมาณ 2x2 ตารางเมตร ทำการตากแปลงนาให้แห้งพอดิบอย่างน้อย 7 วัน แล้วจึงสูบน้ำเข้าแปลงนาให้มีความลึก 10-15 เซนติเมตร เพื่อให้ลำต้นสามารถทอดยอดลอยบนผิวน้ำ

ภาพที่ 1 เครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้สูบน้ำเข้าแปลงนา



2) การใส่ปุ๋ยและการจัดการ

ปุ๋ยเคมีเป็นที่นิยมใช้สำหรับการเพาะปลูกผักกระเฉดแบบพัฒนา มีการใช้อยู่หลายสูตร ได้แก่ 25-7-7, 16-20-0 หรือ 18-12-6 อัตราที่ใช้โดยทั่วไปประมาณ 50 กิโลกรัมต่อไร่ โดยจะใส่ในวันรุ่งขึ้นหลังจากวันหลังจากที่ตัดผักกระเฉดแล้วพร้อมกับฉีดพ่นยากำจัดศัตรูพืช ซึ่งจะกระทำทุก ๆ สัปดาห์ ส่วนในกรณีที่ต้องเร่งการเจริญของยอดผักกระเฉดสามารถใส่ปุ๋ยยูเรียเพิ่มในอัตรา 3-5 กิโลกรัมต่อไร่ ทุก ๆ สัปดาห์ การรักษาระดับน้ำจะใช้วิธีสูบน้ำเข้าแปลงทุก ๆ สัปดาห์ จากระดับความลึก 10-15 เซนติเมตร จนได้ระดับความลึกประมาณ 60 เซนติเมตร ภายใน 1-1.5 เดือน และรักษาระดับความลึกนี้ตลอดระยะเวลาของการเพาะปลูกจนเสร็จสิ้นการเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้าย โดยในระหว่างนี้จะปล่อยให้แหนเปิดที่ติดมากับต้นพันธุ์ผักกระเฉดขึ้นในแปลงนาและขยายจนเต็มพื้นที่ผิวน้ำ ซึ่งประโยชน์ของแหนจะช่วยให้หุ่นลอย (นมผักกระเฉด) ที่ห่อหุ้มลำต้นขาวสะอาด ทำให้ผลผลิตผักกระเฉดที่ตัดดูสะอาดทำให้มีราคาดีเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

ภาพที่ 2 การเจริญเติบโตของผักกระเฉดที่ขึ้นรวมอยู่กับแหนอย่างหนาแน่น



3) การเก็บเกี่ยวผลผลิต

จะใช้มีดปลอกผลไม้ ตัดลำต้นผักกระเฉดจนถึงปลายยอด โดยสามารถเริ่มทำการตัดครั้งแรกเมื่อปักดำต้นพันธุ์ไปแล้วประมาณ 3 สัปดาห์ และจะทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทุก ๆ สัปดาห์ โดยจะใช้เวลาเพาะปลูกทั้งสิ้นประมาณ 75-90 วัน ซึ่งสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ถึง 11-12 ครั้ง การตัดผักนิยมกระทำในตอนเช้าและสิ้นสุดก่อนเที่ยง โดยจะมัดลำต้นผักกระเฉดที่ตัด และห่อรวมเข้าด้วยกัน ด้วยแผ่นพลาสติกใสห่อหุ้ม

ภาพที่ 3 การเก็บเกี่ยวผลผลิตของผักกระเฉด



ภาพที่ 4 การบรรจุผักกระเฉดด้วยแผ่นพลาสติกใส



ภาพที่ 5 บรรจุภัณฑ์ผักกระเฉดพร้อมที่จะขนส่งลำเลียง



ภาพที่ 6 สารละลายสารส้มที่ใช้ทำความสะอาดผักก่อนการบรรจุหีบห่อ



4) การตลาด

การค้าขายผักจะดำเนินการใน 2 รูปแบบ คือ การขนส่งผักกระเฉดไปขายเองที่ตลาดค้าส่งสินค้าเกษตร ซึ่งจะเป็นสถานที่ซื้อขายในช่วงเย็นของวัน เพื่อกระจายสินค้าสู่ตลาดค้าปลีก ซูเปอร์มาร์เก็ต ร้านอาหาร และผู้บริโภคที่มาซื้อโดยตรง การขายในอีกรูปแบบหนึ่ง คือ การขายให้กับพ่อค้าคนกลางที่มารับซื้อถึงที่แปลงเพาะปลูก ส่วนใหญ่จะขายโดยวิธีนี้

ภาพที่ 7 รถกระบะ 4 ล้อ (ปิคอัพ) ที่ใช้ขนส่ง



ภาพที่ 8 ฟอนผักกระเฉดที่วางซื้อขายในตลาดค้าส่งผักกระเฉดมาขายที่ตลาดค้าส่ง



ที่มา: คู่มือการปลูกผักน้ำที่สำคัญทางเศรษฐกิจในสี่เมืองหลักของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้. 2547

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การปนเปื้อนโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมมีการศึกษาในหลายงานวิจัยที่มีความแตกต่างกันในพื้นที่ศึกษา โดยส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจในการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เช่น ในน้ำ ในตะกอน ในอากาศ และในดิน นอกจากนี้ยังมีการตรวจวัดปริมาณที่ปนเปื้อนในอาหาร เช่น ในอาหารทะเล ในผัก และผลไม้ ซึ่งมีการนำผลการวิจัยมาใช้เป็นข้อมูลในการเฝ้าระวังผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพ สรุปรงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกบการปนเปื้อนโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมและอาหารดังนี้

แดง เลิศศรี (2541) การติดตามคุณภาพทั่วไปและโลหะหนักบางตัวในตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำกวงในปี 2541 พบว่า อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-เบส ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความต้องการออกซิเจนละลายในน้ำ และค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนค่าออกซิเจนละลายในน้ำ และค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมีไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

อภิญา จันทวัฒน์ (2549) ศึกษาปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำ พบว่าปริมาณโลหะหนักที่สะสมในน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำ เรียงจากมากไปน้อย คือ ดินตะกอน > รากพืช > ยอดพืช > น้ำ มีค่าไม่สูงมากนักโดยมีการสะสมมากในช่วงเดือนมิถุนายนและสิงหาคม และน้อยในช่วงเดือนธันวาคม และกุมภาพันธ์

สุจารี บุรีกุล (2548) การปนเปื้อนของโครเมียมในระบบนิเวศชายฝั่งทะเล บริเวณบางปู อำเภอมือ จังหวัดสมุทรปราการ พบว่าระดับความเข้มข้นของโครเมียมในตะกอนดินและสัตว์ทะเล ผิวดินค่อนข้างสูงความเข้มข้นของโครเมียมในตะกอนที่วัดได้ คือ 102.46-527.23 ไมโครกรัมต่อกรัม โดยวัดความเข้มข้นของโครเมียมได้ในระดับ 30-1,200 ไมโครกรัมต่อกรัม ความเข้มข้นของโครเมียมในปลาที่วัดได้โดยเฉลี่ย คือ 3 มิลลิกรัมต่อกรัม โครเมียมไม่สะสมในปลาแต่ในสัตว์หน้าดินระดับความเข้มข้นของโครเมียม 36-251 ไมโครกรัมต่อกรัม ในดินตะกอนนั้นไม่มีผลให้เกิดการตายแต่พบว่าทำให้การเติบโตช้าลงเทียบกับสัตว์ทดลองในชุดควบคุมโดยที่อัตราการเจริญเติบโตคิดเป็น 60-80 % ของชุดควบคุม

จิราภรณ์ ยงพิศาลภพ (2546) การสะสมและความเป็นพิษของตะกั่วและโครเมียมในต้นแวนแคว้นพบว่า อัตราการเจริญเติบโต ผลผลิตมวลชีวภาพ และปริมาณคลอโรฟิลล์ของแวนแคว้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การสะสมของตะกั่วและโครเมียมในรากสูงกว่าในต้นและใบค่าเฉลี่ยการสะสมของโลหะหนักในรากพืชลดลงอย่างรวดเร็วแสดงว่าต้นแวนแคว้นมีประสิทธิภาพในการสะสมตะกั่วได้ดีกว่าโครเมียม

อัจฉิมา มีพริ้ง (2545) การศึกษาความสามารถการดูดซึมโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินของหญ้าแฝกต่างกลุ่มพันธุ์หญ้าแฝกทั้ง 3 กลุ่มพันธุ์มีความสามารถในการดูดซึมปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินได้โดยมีแนวโน้มว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณโลหะหนักสะสมในรากมากที่สุด รองลงมาเป็นส่วนใบและลำต้นการเจริญเติบโตหรือ ความทนทานต่อความเป็นพิษของโลหะหนักส่วนปริมาณตกค้างของโลหะหนักในดิน พบว่า สารหนูเหลือปริมาณตกค้าง 50.25 mg/kg ตะกั่ว 50.16 mg/kg และแคดเมียมเหลือ ปริมาณน้อยมากไม่สามารถตรวจวัดได้

เสาวลักษณ์ ศิริวรรณ (2541) การศึกษาการปนเปื้อนของโครเมียมในดินบริเวณป่าชายเลนกรณีศึกษา : โรงงานอุตสาหกรรมฟอกหนัง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการพื้นที่ป่าชายเลนที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทิ้งโดยตรงมีปริมาณโครเมียมสูงกว่าพื้นที่อุตสาหกรรมและพื้นที่ชุมชนที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทิ้ง และมีปริมาณโครเมียมเกินเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักที่ยอมรับได้สูงสุดในการพิจารณาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีที่มีผลต่อการดูดซับ โดยพื้นที่ป่าชายเลนมีการดูดซึมโครเมียมในดินสูงกว่าพื้นที่อุตสาหกรรมและพื้นที่ชุมชนส่วนคุณภาพน้ำทิ้งของเขตประกอบการอุตสาหกรรม พบว่า บีโอดี ซีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ไนโตรเจนทั้งหมด โครเมียมไตรวาเลนซ์และโครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน พรบ. โรงงาน พ.ศ. 2535 ยกเว้นความเป็นกรดเป็นด่าง และอุณหภูมิน้ำเท่านั้นที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ชุติมา คู่สมุทร (2541) วิเคราะห์หาปริมาณของแคดเมียม โครเมียม ทองแดงเหล็ก ตะกั่ว แมงกานีส โปรท ซิลิเนียมและสังกะสีในสัตว์ทะเลจากสะพานปลาเขาสามมุกและสะพานปลาอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี และตลาดปากน้ำจังหวัดสมุทรปราการปริมาณโลหะที่ระดับความเชื่อมั่น 90% (ppm ของน้ำหนักสด) มีค่าอยู่ในช่วงต่าง ๆ ดังนี้ แคดเมียมในปลา มีค่าตั้งแต่ตรวจไม่พบจนถึง 0.451 ± 0.003 มก./กก. โครเมียมในปลา มีค่าตั้งแต่ตรวจไม่พบจนถึง 2.201 ± 0.055 มก./กก. เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่า มีสัตว์ทะเล 9 ชนิดที่มีปริมาณโครเมียมเกินมาตรฐาน และพบว่าในปลา มีการสะสมตะกั่วมากที่สุด

นภวิศ บัวสรวง (2535) การปนเปื้อนของตะกั่วในพืชบางชนิดจากเขตอุตสาหกรรมในจังหวัดสมุทรปราการ พบว่า ปริมาณตะกั่วในพืชส่วนที่เหนือดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.82 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ค่าพิสัยอยู่ในช่วง $< 0.02-454.00$ ไมโครกรัมต่อกรัม) ปริมาณตะกั่วในพืชส่วนใต้ดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.57 ไมโครกรัมต่อกรัม (ค่าพิสัยอยู่ในช่วง $< 0.02-129.00$ ไมโครกรัมต่อกรัม) พืชส่วนเหนือดินและพืชส่วนใต้ดินจากบริเวณเขตอุตสาหกรรมมีปริมาณสารตะกั่วแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2.3 กรอบแนวคิดการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในบ่อปลูกผักกระเฉดซึ่งโลหะหนักที่ศึกษา คือ โครเมียม นอกจากนี้ยังศึกษาความสัมพันธ์ของโครเมียมในน้ำ ตะกอนดิน และผักกระเฉด โดยมีกรอบแนวคิด ตามแผนภูมิที่ 3

แผนภูมิที่ 3 กรอบแนวคิดการสำรวจปริมาณโครเมียม

