บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แหล่งกำเนิดมลพิษทางน้ำ

มลพิษทางน้ำเกิดขึ้นได้จากกิจกรรมหลายประเภท โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 4 ประเภทหลัก คือ น้ำเสียจากชุมชน น้ำเสียจากอุตสาหกรรม น้ำเสียจากเกษตรกรรม และน้ำเสียจากแหล่งอื่นๆ ซึ่งรายละเอียดของน้ำเสียแต่ละแหล่งสามารถสรุปได้ดังนี้

- **น้ำเสียจากชุมชน** แหล่งน้ำเสียประเภทนี้ได้แก่ แหล่งพักอาศัย อาคารชุด โรงพยาบาล ร้านอาหาร โรงฆ่าสัตว์โดยมีน้ำเสียเกิดจากการชำระร่างกายการซักเสื้อผ้าการประกอบอาหาร
- **น้ำเสียจากอุตสาหกรรม** เกิดจากกระบวนการในการผลิตทางอุตสาหกรรม เช่น น้ำหล่อเย็น น้ำล้าง น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตการทิ้งของเสียจากการผลิตสู่แหล่งน้ำรวมถึงการทำเหมืองแร่
- **น้ำเสียจากเกษตรกรรม** น้ำเสียมาจากการล้างภาชนะที่บรรจุหรืออุปกรณ์ฉีดพ่น และการระบายของเสียจากมูลสัตว์ลงแหล่งน้ำ เช่น ฟาร์มสุกร นากุ้ง บ่อเลี้ยงปลา การฉีดพ่นสารเคมี การชะล้างหน้าดิน เป็นต้น
- **น้ำเสียจากแหล่งอื่นๆ** เช่น ภาวะมลพิษจากน้ำมันที่ใช้กับเครื่องจักรกลของเรือ การเกิดอุบัติเหตุของเรือขนส่งน้ำมัน และการขับถ่ายสิ่งปฏิกูลของผู้โดยสารบนเรือ การก่อสร้าง การล้างถนน น้ำเสียจากแพปลา ท่าเทียบเรือประมง เป็นต้น (สุรีพร จิตต์ซื่อ. 2550: 12-20)

2.2 ลักษณะของสารมลพิษทางน้ำ

จากแหล่งกำเนิดมลพิษทางน้ำดังกล่าวทำให้เกิดสารมลพิษทางน้ำประเภทต่างๆ มากมาย โดยอาจแบ่งประเภทของสารมลพิษออกเป็น สารมลพิษพื้นฐาน ซึ่งเป็นสารมลพิษที่พบได้จากกิจกรรมทั่วไป เช่น สารอินทรีย์ย่อยสลายง่าย ไขมัน ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน แอมโมเนีย ความขุ่นจากตะกอนของสารละลายและสารแขวนลอยต่างๆ คลอรีนตกค้าง จุลินทรีย์ ทั้งก่อโรคและไม่ก่อโรค (pathogen and non-pathogen) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสารมลพิษเฉพาะ ซึ่งเกิดจากกิจกรรมพิเศษบางกลุ่มที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพแหล่งน้ำ เช่น กลุ่มสาร Endocrine disrupting compounds (EDCs), โลหะหนักประเภทต่างๆ เช่น ทองแดง สังกะสี อลูมิเนียม เหล็ก แคดเมี่ยม ตะกั่ว นิเกิ้ล เป็นต้น (Chino, et al.

2004:829-837) อย่างไรก็ตามลักษณะของน้ำที่มีการปนเปื้อนสารมลพิษแต่ละประเภทสามารถสรุปได้ดังนี้

2.2.1 น้ำที่มีสารอินทรีย์ปนอยู่มาก จุลินทรีย์ที่มีอยู่ก็จะมีการเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็วโดยมีการใช้ออกซิเจน จึงมีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำเหลือน้อย ในบางครั้งจะเห็นน้ำมีสีดำคล้ำ และส่งกลิ่นเหม็นเนื่องจากการย่อยสลายของแบคทีเรียชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนมีการปล่อยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือก๊าซไข่เน่าออกมา

2.2.2 น้ำที่มีเชื้อโรคหรือจุลินทรีย์ ได้แก่ เชื้อแบคทีเรีย ไวรัส พยาธิ โปรโตซัว เชื้อรา ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคทางเดินอาหาร โรคตับ โรคพยาธิและโรคผิวหนัง เป็นต้น

2.2.3 น้ำที่มีคราบน้ำมันหรือไขมันเจือปนในปริมาณมากจะเป็นอุปสรรคต่อการถ่ายเทออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำหรือการดำรงชีวิตของสัตว์และพืชน้ำ

2.2.4 น้ำที่มีเกลือละลาย ซึ่งอาจละลายจากดินลงมาหรือน้ำทะเลไหลซึมเข้ามาเจือปนจนน้ำเสื่อมคุณภาพไม่เหมาะในการใช้อุปโภคบริโภคหรือการเกษตรกรรม

2.2.5 น้ำที่มีสารพิษเจือปน เช่น สารประกอบของปรอท ตะกั่ว แคดเมียม สารหนู เมื่ออยู่ในระดับอันตรายจะส่งผลต่อสัตว์น้ำและคนได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น บริโภคพืชผัก สัตว์น้ำ

2.2.6 น้ำที่มีสารกัมมันตภาพรังสีเจือปน อาจเกิดขึ้นได้จากธรรมชาติจากการสลายตัวของแร่หินหรือเกิดจากโรงงานนิวเคลียร์ปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำ

2.2.7 น้ำที่มีสารแขวนลอย ได้แก่ น้ำที่มีสิ่งต่างๆ แขวนลอยอยู่จำนวนมาก ทำให้น้ำมีสภาพเปลี่ยนไปจากเดิม เกี่ยวกับความโปร่งแสง สี เป็นต้น

2.2.8 น้ำที่มีอุณหภูมิสูง ส่วนใหญ่เกิดจากการระบายน้ำหล่อเย็นจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะมีผลกระทบต่อการดำรงชีวิต และการแพร่พันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในน้ำ (สุรีพร จิตต์ซื่อ. 2550: 12-20)

2.3 คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำ หมายถึง ความเหมาะสมของน้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมเฉพาะของมนุษย์คุณภาพของน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติ จะเปลี่ยนแปลงไป มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ ได้แก่ สภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ลักษณะของธรณีวิทยา พืชพรรณธรรมชาติ รวมถึงกิจกรรมของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น คุณภาพน้ำที่สำคัญแบ่งออกเป็น 3 ด้านคือ ด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยคุณภาพน้ำในแต่ละด้านมีตัวชี้วัดเป็นพารามิเตอร์ต่างๆ กล่าวคือ (สุรีพร จิตต์ซื่อ. 2550: 12-20)

(1) คุณภาพน้ำทางกายภาพ ได้แก่ สารแขวนลอย หรือของแข็งทั้งหมดในน้ำ สี กลิ่น รส ความขุ่น การนำไฟฟ้า อุณหภูมิ เป็นต้น

(2) คุณภาพน้ำทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรดด่าง ความเป็นด่าง ความกระด้าง ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen) ไนเตรต (NO_3) แอมโมเนีย (NH_4) ฟอสเฟต (PO_4) ปริมาณความต้องการออกซิเจน (BOD) คลอไรด์ ความเค็ม ซัลเฟต ยาปราบศัตรูพืช โลหะหนัก ผงซักฟอก คลอโรฟิล เป็นต้น

(3) คุณภาพของน้ำทางชีวภาพ ได้แก่ น้ำที่มีสิ่งมีชีวิตเจือปน เช่น แพลงค์ตอนพืชและสัตว์ แบคทีเรีย พืชน้ำ และเชื้อโรคอื่น ๆ เป็นต้น

2.3.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพ (อพิศรา หงหิรัญ. 2553: 96-100; เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539: 202-210) ตัวอย่างพารามิเตอร์ที่เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำทางกายภาพที่สำคัญ ได้แก่

(1) สีของน้ำ (Color of water)

สีของน้ำตามธรรมชาติ เป็นผลจากการที่น้ำไหลผ่านสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เช่น ใบไม้ ใบหญ้า ซากสัตว์ ซึ่งมีลิกนินเป็นองค์ประกอบ เมื่อสลายตัวจะให้สารพวกแทนนิน กรดฮิวมิค และฮิวเมต ซึ่งเป็นสารมีสีจากอิออนของ โลหะในน้ำ เช่น เหล็ก แมงกานีส จากแพลงค์ตอน และจากการปะปนของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม สีของน้ำตามธรรมชาติมีค่าตั้งแต่ 1 หน่วยถึงมากกว่า 200 หน่วยมาตรฐาน

(2) ความขุ่น (Turbidity)

น้ำที่มีสารแขวนลอย ซึ่งขัดขวางทางเดินแสงที่ผ่านน้ำนั้น ความขุ่นข้นของน้ำเกิดจากการที่น้ำมีสิ่งแขวนลอยอยู่ เช่น ดินละเอียด หรือ อินทรียสาร แพลงค์ตอน และสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ สารพวกที่จะทำให้เกิดการกระจัดกระจาย (Scattered) และดูดซึม (Absorbed) ของแสง แทนที่จะปล่อยให้แสงผ่านเป็นเส้นตรง กำหนดมาตรฐานน้ำดื่มขององค์การ อนามัยโลก ความขุ่นระดับสูงสุดที่ควรมีได้ 5 เจ ที ยู ระดับสูงสุดที่ยอมให้มีได้คือ 25 เจ ที ยู

(3) อุณหภูมิของน้ำ (Temperature)

อุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติในแหล่งน้ำจะผันแปรตามอุณหภูมิของอากาศขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงจากดวงอาทิตย์ กระแสลม ความลึก ปริมาณสารแขวนลอยหรือความขุ่นของแหล่งน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะมีอัตราผกผัน กับอุณหภูมิของน้ำ คือ อุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะลดลง

(4) การนำไฟฟ้าของน้ำ (Electrical conductivity of water)

การนำไฟฟ้า คือ ความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นชนิดของอิออนที่มีอยู่ในน้ำ และอุณหภูมิน้ำที่มีอิออนของสารต่างๆ ละลายอยู่ สามารถนำไฟฟ้าได้ ค่า Conductivity ไม่ได้เป็นค่าเฉพาะอิออนของตัวใดตัวหนึ่ง แต่เป็นค่ารวมของอิออนทั้งหมดในน้ำ ค่านี้ไม่ได้บอกให้ทราบถึงชนิดของสารที่อยู่ในน้ำนั้น บอกแต่เพียงว่ามีการเพิ่มหรือลดของอิออนที่ละลายในน้ำเท่านั้น บอกแต่เพียงว่ามีการเพิ่มหรือลดของอิออนที่ละลายในน้ำเท่านั้น กล่าวคือ ถ้าค่า Conductivity เพิ่มขึ้นก็แสดงว่าสารที่แตกตัวได้ในน้ำมีเพิ่มขึ้นหรือถ้าค่า Conductivity เพิ่มขึ้นก็แสดงว่าสารที่แตกตัวได้ในน้ำมีเพิ่มขึ้น หรือถ้าค่า Conductivity ลดลงก็แสดงว่าสารที่แตกตัวได้ในน้ำลดลง การนำไฟฟ้าของน้ำธรรมชาติโดยทั่วไป มีค่าระหว่าง 0.1 - 5.0 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร

(5) ของแข็งทั้งหมดในน้ำ (Total Solids) ของแข็งทั้งหมดในน้ำ หมายถึง ของแข็งที่เป็นสารแขวนลอย (Suspended solids) ตะกอนและสารที่ละลายน้ำได้ส่วนใหญ่ เป็นเกลืออนินทรีย์ มีอินทรียสารและก๊าซน้อย สารที่เหลืออยู่เป็นตะกอนภายหลังจากที่ผ่านการระเหย

2.3.2 คุณภาพแหล่งน้ำทางเคมี (สุรีพร จิตต์ซื่อ. 2550: 12-20)

ตัวอย่างพารามิเตอร์ที่เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่

(1) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ความเป็นกรดด่างหรือ pH มาจากคำว่า positive potential of the hydrogen ions การวัดค่า pH เกิดจากการแตกตัวให้อนุมูลกรด- ด่าง มีค่าตั้งแต่ 0-14 ค่าพีเอชมากกว่า 7 หมายถึง ความเป็นด่าง ค่า pH น้อยกว่า 7 หมายถึง ความเป็นกรด น้ำสะอาดจะมีค่า pH เป็น 7 ค่า pH มีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นต่อการกัดกร่อนของน้ำ

(2) ความกระด้าง (Hardness)

ความกระด้างของน้ำ หมายถึง ความสามารถในการจะทำให้สบู่ตกตะกอนได้โดยอิออน Ca และ Mg ในน้ำเป็น ส่วนใหญ่ แต่อาจจะตก ตะกอนโดยอิออนตัวอื่น เช่น Al ,Fe ,Mn , Sr , Zn ได้ด้วย เนื่องจากอิออน 2 ตัวแรกคือ Ca, Mg มีมากในน้ำธรรมชาติจึงใช้ Ca และ Mg ที่อยู่ในรูป $CaCO_3$ (มิลลิกรัมต่อลิตร) เป็นตัววัดความ กระด้างของน้ำ ความกระด้างไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัยมากนัก แต่มีผลต่อการซักล้างทำให้เปลืองสบู่ ทำให้เกิดตะกอนหม้อต้มและทำให้มีรสเฝื่อน

(3) ของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ (Total dissolve solid)

ของแข็งที่ละลายน้ำ คือ สารละลายทั้งหมดที่อยู่ในน้ำหลังจากการระเหยของน้ำที่ผ่านการกรองโดย Millipore filter ที่อุณหภูมิต่ำ ส่วนที่เหลือนี้ประกอบด้วยสารอินทรย์และอนินทรย์ชนิด การเผาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำจะทำให้ส่วนที่เป็นอินทรีย์ถูกกำจัดออกไป รวมทั้งพวกไบคาร์บอเนต ฉะนั้น ส่วนที่เหลือทั้งหมดจะเป็นอนินทรีย์สาร

(4) ไนโตรเจนและสารประกอบไนโตรเจน (Nitrogen)

ไนโตรเจนเป็นสารเคมีอีกประเภทหนึ่งที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ ทั้งที่อยู่ในรูปอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น โปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก สารพวกนี้เป็นส่วนประกอบของร่างกายพืชและสัตว์ ในอุจจาระ ในปุ๋ยคอก เป็นต้น และอนินทรีย์ไนโตรเจน เช่น NH_4 , NO_2, NO_3 สารพวกนี้อาจอยู่ในรูปปุ๋ย หรือเกลือในปัสสาวะ ไนโตรเจนสามารถเปลี่ยนรูปจากสารอินทรีย์ไปเป็นสารอนินทรีย์ในขบวนการที่เรียกว่า Mineralization ซึ่งมีแบคทีเรียเป็นตัวสำคัญในการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้สารอนินทรีย์ในรูปต่างๆ อาจเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้โดยแบคทีเรียเช่นกัน ขบวนการในการเกิดมีชื่อเรียกต่างๆ กัน เช่น Ammonification, Nitrification และ Denitrification

ดังนั้นในน้ำจึงมีไนโตรเจนในรูปต่างๆ เปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับสภาวะของแหล่งน้ำ เช่น ไนโตรเจนอินทรีย์ (Organic nitrogen) เป็นไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของโปรตีน กรดอะมิโน และยูเรีย ในขณะที่ แอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia nitrogen) เป็นไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของเกลือ แอมโมเนีย เช่น $(NH_4)_2CO_3$) , $(NH_4)_2SO_4$) หรือ แอมโมเนีย อิสระ ซึ่งยตามธรรมชาติจะพบแอมโมเนียในน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และในน้ำโสโครก โดยแอมโมเนียจำนวนมากเกิดจากขบวนการ Deamination ของสารประกอบที่มีอินทรีย์สารไนโตรเจนและจาก การไฮโดรไลซีสของยูเรีย นอกจากนี้ยังอาจเกิดตามธรรมชาติโดยการรีดักชันของไนเตรทภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน สำหรับไนไตรท์ (Nitrite) เป็นผลิตผลจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นขั้นสุดท้าย ของไนโตรเจนออกซิเดชั่น โดยแบคทีเรียเปลี่ยนไนโตรเจนอินทรีย์เป็นแอมโมเนียไนโตรเจนและเปลี่ยนเป็นไนโตรต์ จากนั้นจึงเปลี่ยนเป็นไนเตรท (Nitrate) ในที่สุด น้ำที่มีไนโตรเจนอินทรย์และแอมโมเนียที่สูงมาก แต่มีไนไตรต์ และไนเตรทในปริมาณน้อย จัดเป็นน้ำที่มีคุณภาพไม่ดีและไม่ปลอดภัย ต่อการบริโภคอุปโภค เพราะแสดงว่าน้ำนั้นได้เกิดมลพิษมาก่อนแล้ว แต่ถ้าน้ำนั้นมีไนเตรทจะมีผลต่อสุขภาพอนามัย โดยเฉพาะเด็กทารกซึ่งจะทำให้ร่างกายเกิดการขาดออกซิเจน มีอาการตัวเขียว (Blue baby) และอาจทำให้เกิดถึงแก่ความตายได้

(5) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen : DO)

DO เป็นพารามิเตอร์ที่แสดงถึงความสะอาดของน้ำ โดยน้ำที่สะอาดจะมีค่า DO สูง และน้ำเสียจะมีค่า DO ต่ำ มาตรฐานของน้ำที่มีคุณภาพดีโดยทั่วไปจะมีค่า DO ประมาณ 5-8 มิลลิกรัม/ลิตร หรือปริมาณ O_2 ละลายอยู่ปริมาณ 5-8 มิลลิกรัม / ลิตร ในขณะที่น้ำเสียจะมีค่า DO ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัม/ลิตร

(6) บีโอดี (Biological Oxygen Demand : BOD)

BOD เป็นปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ น้ำที่มีคุณภาพดี ควรมีค่าบีโอดี ไม่เกิน 6 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าค่าบีโอดีสูงมากแสดงว่าน้ำนั้นเน่ามาก แหล่งน้ำที่มีค่าบีโอดีสูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตรจะจัดเป็นน้ำเน่าหรือน้ำเสีย

(7) ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)

COD คือ ปริมาณ O_2ที่ใช้ในการออกซิไดซ์ในการสลายสารอินทรีย์ด้วยสารเคมีโดยใช้สารละลายเช่น โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ในปริมาณมากเกินพอ ในสารละลายกรดซัลฟิวริก

ซึ่งสารอินทรีย์ในน้ำทั้งหมดทั้งที่จุลินทรีย์ย่อย สลายได้และย่อยสลายไม่ได้ก็จะถูกออกซิไดซ์ภายใต้ภาวะที่เป็นกรดและการให้ความร้อน โดยทั่วไปค่า COD มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร และจะมีค่ามากกว่า BOD เสมอ ดังนั้นค่า COD จึงเป็นตัวแปรที่สำคัญตัวหนึ่งที่แสดงถึงความสกปรกของน้ำเสีย โดยน้ำเสียที่มีความสกปรกมากหรือมีสารอินทรีย์ปนเปื้อนในปริมาณมากจะมีค่า COD ในปริมาณสูง

(8) ซัลเฟต (Sulfate)

ซัลเฟตเกิดจากเกลือแร่ในธรรมชาติ ทำให้เกิดน้ำด้างถาวรเป็นตะกรันในหม้อต้ม อนุมูลนี้โดยลำพังไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัย แต่หากมีธาตุแมกนีเซียมสูงด้วยจะทำให้เกิดผลคล้ายยาระบาย โดยทั่วไปซัลเฟตมีผลทำให้เกิดรสได้น้อยกว่าคลอไรด์

(9) คลอไรด์ (Chloride)

คลอไรด์พบอยู่ในน้ำตามธรรมชาติทั่วไป ด้วยความเข้มข้นต่างๆ กันปริมาณของคลอไรด์เพิ่มมากขึ้น เป็นสัดส่วนกับปริมาณของเกลือแร่ที่เพิ่มขึ้น น้ำตามภูเขาและที่สูงมักจะมีปริมาณคลอไรด์น้อย ในขณะที่น้ำตามแม่น้ำและน้ำใต้ดิน มีปริมาณคลอไรด์มากเนื่องจากความสามารถในการละลายของน้ำทำให้สามารถละลายคลอไรด์จากชั้นดินต่างๆ ได้มาก คลอไรด์มักจะละลายน้ำได้ดี ทำให้น้ำมีรสกร่อย แต่ไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัย

(10) ฟลูออไรด์ (Fluoride)

ฟลูออไรด์เกิดจากแร่ฟลูออไรต์ในธรรมชาติ ละลายน้ำได้ดี ทำให้น้ำใต้ดินที่ไหลผ่านแหล่งแร่ฟลูออไรด์เจือปนอยู่ด้วย ฟลูออไรด์จำนวนเล็กน้อยไม่เกิน 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร จะไม่มีผลต่อฟันและกระดูก แต่ถ้ามีมากเกินไปจะทำให้ฟันตกกระ เป็นจุดดำ และเกิดผลเสียต่อโครงกระดูกและฟัน

(11) โลหะหนักและสารพิษอื่นๆ

โลหะหนักและสารพิษอื่นๆอาจอยู่ในรูปของสารอินทรย์หรือสารอนินทรย์ และสามารถสะสมอยู่ในวงจรอาหาร เกิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น ปรอท โครเมียม แคดเมียม สังกะสี สารหนู สารจำพวกแคดเมียม ตะกั่ว ซิลิเนียม ปกติจะอยู่ในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชที่ปนมากับน้ำทิ้งจากการเกษตร สำหรับในเขตชุมชนอาจทำให้สารพิษนี้มาจาก

อุตสาหกรรมในครัวเรือนบางประเภท เช่น ร้านซุบโลหะ อู่ซ่อมรถ น้ำเสียจากโรงพยาบาล ฯลฯ ซึ่งสารเคมีเหล่านี้ถ้ามีมากเกินไปจะเป็นพิษร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิตทั้งหลายๆได้

(12) เหล็ก (Iron)

เหล็กเกิดจากสารประกอบของเหล็กในดิน มีกลิ่นเฉพาะตัวและมีรสที่ไม่พึงประสงค์ เหล็กที่อยู่ในรูปของ ferric ละลายน้ำได้น้อยมากหรืออาจพูดได้ว่าไม่ละลายน้ำ แต่ถ้าอยู่ในรูป ของ ferrous ก็จะละลายน้ำได้ดีมาก ดังนั้น รูปของเหล็กจึงขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจน ที่ละลายอยู่ในน้ำ เหล็กถือว่าเป็นธาตุที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ แต่ทำให้เกิดปัญหากับผู้ใช้น้ำประปา เช่น ทำให้น้ำขุ่น เกิดปัญหาในการซักล้าง ทำให้เกิดคราบสนิมที่สุขภัณฑ์ กำจัดได้ด้วยการกรองหรือตกตะกอน ถึงแม้ว่าไม่มีพิษต่อร่างกาย แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไปร่างกายจะขับออกมาไม่หมด ทำให้เหลือสะสมไว้ในตับทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับตับได้

(13) แมงกานีส (Manganese)

แมงกานีสส่วนใหญ่แล้วพบในน้ำบาดาลมากกว่าผิวดิน ในน้ำที่แมงกานิสอยู่มากจะเกิดการออกซิไดซ์ให้อยู่ในรูปของสารน้ำไม่ละลายน้ำ เมื่อถูกกับอากาศจะตกตะกอนเป็นสีดำ ทำให้น้ำขุ่นไม่น่าใช้ เกิดความกระด้างเครื่องสุขภัณฑ์สกปรกและมีผลต่อสุขภาพแม้จะไม่มีอาการเฉียบพลัน แต่พิษจะสะสมเรื้อรัง ซึ่งมีผลต่อสุขภาพด้านร่างกายและจิตใจ ทำให้มีอาการของโรคจิต และสายตาเสื่อม เม็ดเลือดขาวถูกทำลาย

(14) ทองแดงและสังกะสี (Copper, Zinc)

ธาตุทั้งสองไม่มีโทษต่อร่างกาย แต่มีประโยชน์ต่อมนุษย์ในทางโภชนาการ แต่ถ้ามีในปริมาณมากอาจทำให้รสชาติของน้ำไม่ชวนดื่ม

(15) ตะกั่ว (Lead)

ตะกั่วมีโทษอย่างรุนแรงต่อสุขภาพอนามัย เมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งทารก เด็ก และหญิงตั้งครรภ์ เมื่อได้รับสารตะกั่วจำนวนมากๆในระยะสั้นๆ จะมีอาการระคายเคืองกระเพาะลำไส้ มีอาการชาและเป็นตะคริว กล้ามเนื้ออ่อนเพลีย โลหิตจางคันตามร่างกาย ถ้ากรณีได้รับสารตะกั่ว

จำนวนน้อยแต่สะสมเป็นระยะยาวในร่างกายจะมีอาการเบื่ออาหารท้องผูก ตะคริวหน้าท้อง อ่อนเพลีย เกิดการเสื่อมของสมอง

(16) โครเมียม (Cromium)

โครเมียมเป็นสารพิษที่เกิดโทษต่อสุขภาพ โครเมียมในน้ำมีสองรูป Cr^{+3} และ Cr^{+6} โดยที่ Cr^{+6} มีพิษมากกว่าและพบได้มากกว่า Cr^{+3} เมื่อรับเข้าสู่ร่างกายทำให้มีอาการอ่อนเพลียและปวดตามข้อ นอกจากนี้ยังเป็นสารก่อมะเร็งด้วย

(17) แคดเมียม (Cadmium)

แคดเมียมมีพิษร้ายแรงการบริโภคแคดเมียมเข้าไปจะทำให้ร่างกายเกิดอาการผิดปกติต่างๆ เช่น คลื่นเหียน อาเจียน ท้องร่วงอาจถึงแก่ชีวิตได้ แคดเมียมอาจเข้าไปสะสมอยู่ในอวัยวะต่างๆ ของร่างกายได้ เช่น ตับ ไต และตับอ่อนซึ่งอาจเป็นสาเหตุของโรคมะเร็งทางหนึ่ง

(18) สารหนู (Arsenic)

สารหนู พบได้ทั่วไปในอากาศ ดิน น้ำ อาหาร สารหนูในสิ่งแวดล้อมที่มีสาเหตุมาจากธรรมชาติ เกิดจากการชะล้างหินและแร่ที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบ สำหรับสาเหตุที่เกิดมาจากกิจกรรมการดำรงชีวิตของมนุษย์ ได้แก่ การทำเหมืองแร่ การใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง พิษของสารหนูพบได้ทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง โดยแบบเฉียบพลันทำให้ระบบทางเดินหายใจระคายเคือง ปัสสาวะน้อย โลหิตจาง ปวดท้องรุนแรงคลื่นไส้อาเจียน ท้องร่วงถ่ายเป็นสีน้ำข้าวหรือเป็นเลือด ปวดศีรษะ ซักหมดสติได้ ส่วนแบบเรื้อรังทำให้เกิดมะเร็ง ที่ผิวหนัง กระดูก ปอด กระเพาะปัสสาวะ และไต

(19) ปรอท (Mercury)

ปรอทเป็นสารที่มีพิษสูงและไม่มีประโยชน์ใดๆ ต่อร่างกายปรอทมีผลทำให้เกิดอาการทางประสาท ประสาทหลอน ปวดตามข้อ ชักกระตุก พิการ และถ้าได้รับในปริมาณมากๆ ทำให้ตายได้

2.3.3 คุณภาพแหล่งน้ำทางชีวภาพ (ปราโมช เชี่ยวชาญ. 2552: 14-20)

คุณภาพแหล่งน้ำทางชีวภาพพิจารณาจากสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำ โดยเฉพาะจุลินทรีย์ (Micro-organism) ที่อาศัยอยู่ในน้ำ น้ำที่มีจุลินทรีย์เจือปนส่วนมากจะเกิดมลพิษที่มีผลกับสุขภาพได้โดยตรง อาจก่อให้เกิดโรคระบาดที่มีน้ำเป็นสื่อได้ (Water-borne diseases) ประเภทของสิ่งมีชีวิตที่เป็นดัชนีวัดคุณภาพของแหล่งน้ำทางชีวภาพที่สำคัญ คือ

(1) โคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria and Fecal Coliform Bacteria)

โคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียคือแบคทีเรียในน้ำที่สามารถบ่งบอกถึงระดับการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียความเป็นไปได้ที่จะทำให้เกิดโรคหรือระดับสกปรก ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย พบได้ในลำไส้ คนและสัตว์เลือดอุ่น การตรวจพบสิ่งมีชีวิตในน้ำแสดงว่า น้ำมีการปนเปื้อนของเชื้อในลำไส้ หรือจากอุจจาระ ไม่เหมาะต่อการนำไปอุปโภคและบริโภค แบคทีเรียที่ปนเปื้อนในน้ำโดยชนิดของแบคทีเรียที่สำคัญในกลุ่มนี้คือ *Escherichia coli* หรือ อีโคไล (นิยมใช้ชื่อย่อ *E. coli*) เป็นแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม เป็นตัวชี้การปนเปื้อนของอุจจาระในน้ำ มีอยู่ตามธรรมชาติในลำไส้ใหญ่ของสัตว์และมนุษย์ แบคทีเรียชนิดนี้ทำให้เกิดอาการท้องเสียบ่อยที่สุด ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ ทำให้ถ่ายอุจจาระเหลว หรือเป็นน้ำ แต่อาการมักไม่รุนแรง เพราะทั้งเด็ก และผู้ใหญ่มักมีภูมิต้านทานอยู่บ้างแล้วเนื่องจาก ได้รับเชื้อนี้เข้าไปทีละน้อยอยู่เรื่อยๆ

(2) ไวรัส (Virus)

ไวรัสเป็นจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็กมองไม่เห็นด้วยตาเปล่าและกล้องจุลทรรศน์ทั่วไปต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายพิเศษที่เรียกว่า กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Electron Microscope) ไวรัสที่อาจพบการแพร่กระจายในน้ำแล้วทำให้เกิดโรคในมนุษย์ เช่น ไวรัสที่ทำให้เกิดโรคตับอักเสบชนิดเอ (Infectious Hepatitis type A) ไวรัสที่ทำให้เกิดอาการท้องร่วงอย่างรุนแรงในเด็ก (Gastroenteritis Viral) เป็นต้น

(3) โปรโตซัว (Protozoa)

โปรโตซัวที่ทำให้เกิดโรค เช่น โรคบิดอะมีบา (Amoebic Dysentery) ซึ่งเกิดจากโปรโตซัวชนิด Entamoeba histolytica โรคจิอาร์เดีย (Giardiasis) ซึ่งเกิดจากโปรโตซัวชนิด Giardia lambia เป็นต้น

(4) หนอนพยาธิ (Helminth)

เป็นจุลินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่กว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ จัดเป็นพวกปรสิต (Parasite) เพราะต้องอาศัยอยู่บนหรือในร่างกายสิ่งมีชีวิตอื่น พยาธิที่ทำให้เกิดโรค มีดังนี้ เช่น โรคพยาธิไส้เดือนกลม (Ascariasis) ซึ่งเกิดจากพยาธิตัวกลมชนิด Ascaris lambricoides เป็นต้น

(5) แพลงค์ตอน (Plankton)

แพลงค์ตอนมีบทบาทต่อระบบนิเวศน์และในห่วงโซ่อาหาร เพราะเป็นผู้ผลิตเบื้องต้น รวมถึงชนิดและปริมาณของแพลงตอนสามารถระบุคุณภาพน้ำได้ แหล่งน้ำปกติจะมีแพลงค์ตอนมากชนิดและปริมาณแพลงค์ตอนแต่ละชนิดมีไม่มากในทางตรงข้ามหากน้ำเกิดมลภาวะจำนวนชนิดแพลงค์ตอนจะลดลงเหลือเพียง 2-3 ชนิด หรืออาจเหลือเพียงชนิดเดียวและมีจำนวนมากมายมหาศาล เป็นต้น

(6) สัตว์หน้าดิน (Betose)

สัตว์หน้าดิน คือ สัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังที่อาศัยอยู่บน หรือใต้ดินหรือใต้น้ำ สัตว์หน้าดินจะเป็นอาหารธรรมชาติของสัตว์ชั้นสูงกว่าซึ่งสัตว์หน้าดินสามารถบ่งบอกความอุดมสมบูรณ์ได้หรือในเรื่อง ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตในน้ำ อาจระบุได้เป็น สัตว์ตัวบ่งชี้ คือ แมลงน้ำและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ที่ต้องการอกซิเจนหายใจ มักชอบอยู่ในน้ำสะอาด มีออกซิเจนสูง แต่หลายชนิดสามารถปรับตัวอยู่ในที่ออกซิเจนน้อยได้ และบางชนิดก็ทนอยู่ได้ในที่เกือบไม่มีออกซิเจนเลย ดังนั้นถ้าเกิดมลภาวะทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลง สัตว์ที่ต้องการออกซิเจนสูงจะอยู่ไม่ได้ ในขณะที่สัตว์ที่ทนอยู่ได้ในภาวะออกซิเจนต่ำกว่าจะสามารถอยู่ได้ดี เป็นต้น

2.4 มาตรฐานแหล่งน้ำธรรมชาติ (กรมควบคุมมลพิษ. 2553)

2.4.1 การกำหนดประเภทแหล่งน้ำผิวดินได้ถูกกำหนดขึ้นตามการใช้ประโยชน์ โดยแบ่งประเภทแหล่งน้ำออกเป็น 5 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน

(2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน

(3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ

(3) การประมง

(4) การว่ายน้ำและกีฬาทาง

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน

(2) การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

2.4.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537 แสดงในตารางที่ 2.4.2-1

ตารางที่ 2.4.2-1 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ดัชนีคุณภาพน้ำ[1/]	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[2/]ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
			1	2	3	4	5
1.สี กลิ่นและรส (Colour,Odour and Taste)	-	-	ธ	ธ'	ธ'	ธ'	-
2.อุณหภูมิ (Temperature)	°ซ	-	ธ	ธ'	ธ'	ธ'	-
3.ความเป็นกรดและด่าง (pH)	-	-	ธ	5-9	5-9	5-9	-
4.ออกซิเจนละลาย (DO)[2/]	มก./ล.	P20	ธ	6.0	4.0	2.0	-
5.บีโอดี (BOD)	มก./ล.	P80	ธ	1.5	2.0	4.0	-
6.แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.	P80	ธ	5,000	20,000	-	-
7.แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bateria)	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.	P80	ธ	1,000	4,000	-	-
8.ไนเตรต (NO_3)ในหน่วยไนโตรเจน	มก./ล.	-	ธ	5.0			-
9.แอมโมเนีย (NH_4)ในหน่วยไนโตรเจน	มก./ล.	-	ธ	0.5			-

ดัชนีคุณภาพน้ำ[1/]	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[2/]ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
			1	2	3	4	5
10.ฟีนอล (Phenols)	มก./ล.	-	ธ	0.005			-
11.ทองแดง (Cu)	มก./ล.	-	ธ	0.1			-
12.นิคเกิล (Ni)	มก./ล.	-	ธ	0.1			-
13.แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	-	ธ	1.0			-
14.สังกะสี (Zn)	มก./ล.	-	ธ	1.0			-
15.แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	-	ธ	0.005* 0.05**			-
16.โครเมียมชนิดเฮ๊กซาวาเล้นท์ (Cr Hexavalent)	มก./ล.	-	ธ	0.05			-
17.ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	-	ธ	0.05			-
18.ปรอททั้งหมด (Total Hg)	มก./ล.	-	ธ	0.002			-
19.สารหนู (As)	มก./ล.	-	ธ	0.01			-
20.ไซยาไนด์ (Cyanide)	มก./ล.	-	ธ	0.005			-
21.กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) -ค่ารังสีแอลฟา (Alpha) -ค่ารังสีเบตา(Beta)	เบคเคอเรล/ล.	-	ธ	0.1 1.0			-
22.สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด	มก./ล.	-	ธ	0.05			-

ดัชนีคุณภาพน้ำ[1/]	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[2/]ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
			1	2	3	4	5
(Total Organochlorine Pesticides)							
23.ดีดีที (DDT)	มค./ล.	-	ธ	1.0			-
24.บีเอชซีชนิดแอลฟ่า (Alpha-BHC)	มค./ล.	-	ธ	0.02			-
25.ดิลดริน (Dieldrin)	มค./ล.	-	ธ	0.1			-
26.อัลดริน (Aldrin)	มค./ล.	-	ธ	0.1			-
27.เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลออีปอกไซด์ (Heptachor & Heptachlorepoxide)	มค./ล.	-	ธ	0.2			-
28.เอนดริน (Endrin)	มค./ล.	-	ธ	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด			-

ที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

หมายเหตุ [1/]กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

[2/] ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด

ธ เป็นไปตามธรรมชาติ

ธ'อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

°ซ องศาเซลเซียส

P 20 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

P 80 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

มก./ล. มิลลิกรัมต่อลิตร

มค./ล. ไมโครกรัมต่อลิตร

MPN เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

วิธีการตรวจสอบเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA : American Public Health Association ,AWWA : American Water Works Association และ WPCF : Water Pollution Control Federation ของสหรัฐอเมริกา ร่วมกันกำหนด

2.5 คุณภาพตะกอนดิน

การติดตามตรวจสอบคุณภาพแหล่งน้ำในพื้นที่ที่อยู่ใกล้เคียงกับแหล่งอุตสาหกรรม แหล่งชุมชน และแหล่งธรรมชาติในช่วงที่ผ่านมา พบว่าตะกอนดินมีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพแหล่งน้ำ เนื่องจากตะกอนดิน สามารถเป็นแหล่งสะสมสารอันตรายจากแหล่งอุตสาหกรรม แหล่งชุมชน และที่ชะจากแหล่งธรรมชาติ (โลหะหนัก เป็นต้น) นอกจากนี้ตะกอนดินยังเป็นแหล่งมลพิษที่สามารถปลดปล่อยสารอันตรายที่จับตัวกับ ตะกอนดินออกสู่ห้วงน้ำ ผลกระทบจากการปนเปื้อนสารอันตรายในตะกอนดินพบได้ตั้งแต่การเกิดผลกระทบ โดยตรงต่อสัตว์ที่อาศัยอยู่ในหรืออยู่บนตะกอนดิน (สัตว์หน้าดิน) ผ่านทางน้ำตะกอนดินและการกลืนกิน ตะกอนดินปนเปื้อนเข้าไป ไปจนถึงการเกิดผลกระทบต่อสัตว์น้ำผู้ล่า (ผู้บริโภคลำดับถัดไป) รวมถึงมนุษย์ที่บริโภคสัตว์น้ำจากการถ่ายทอดสารอันตรายผ่านห่วงโซ่อาหารได้ การปนเปื้อนสารอันตรายในตะกอนดินเกิดขึ้นโดยสารอันตรายจากแหล่งที่มาต่างๆ จับตัวกับ

สารอินทรีย์และ/หรือสารอนินทรีย์ และสุดท้ายไหลลงไปรวมกันกลายเป็นตะกอนดินที่ก้นแม่น้ำ คลอง บึง และทะเลสาบ เมื่อสารอันตรายจับบนพื้นผิวอนุภาคหรือดูดซับกับอนุภาคแล้วจะทำให้ความสามารถในการ ถูกเปลี่ยนรูปให้เป็นรูปที่มีพิษน้อยกว่าโดยสิ่งมีชีวิตลดลง รวมทั้งความสามารถในการปลดปล่อยสาร อันตรายจากอนุภาคมักเป็นไปอย่างเชื่องช้า ส่งผลให้สารอันตรายจับตัวอยู่กับตะกอนดินเป็นระยะ เวลานาน โดยสารอันตรายปนเปื้อนในตะกอนดินจับตัวได้ดีกับอนุภาคตะกอนดินขนาดเล็กมากเนื่องจากมี พื้นผิวการจับตัวขนาดใหญ่และมีปริมาณสารอินทรีย์สะสมสูง

การประเมินคุณภาพตะกอนดินในปัจจุบันมีหลายวิธี เช่น การตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี การทดสอบความเป็นพิษของตะกอนดิน การสำรวจจำนวนและชนิด ประชากรสัตว์หน้าดินกลุ่มไม่มีกระดูกสันหลัง เป็นต้น

2.5.1 สถานการณ์การปนเปื้อนโลหะหนักในตะกอนดินของประเทศไทย

จากรายงานของกรมควบคุมมลพิษ (2553) พบว่ามีข้อมูลการปนเปื้อนโลหะหนักสูงในแหล่งน้ำผิวดินที่รองรับน้ำชะจากพื้นที่ที่มีกิจกรรมเหมืองแร่ เช่น การพบการ ปนเปื้อนแคดเมียม (Cd) สังกะสี (Zn) และตะกั่ว (Pb) ในปริมาณสูงในช่วง 0.13-326, <5-36,580 และ 13-35,920 mg/kg ตามลำดับในตะกอนดินในห้วยแม่ตาวห้วยแม่กุที่รองรับน้ำจากเหมืองสังกะสี จังหวัด ตาก ซึ่งสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพตะกอนดิน และอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสัตว์หน้าดินที่อาศัยในบริเวณแหล่งน้ำดังกล่าว ในขณะที่การปนเปื้อนสารหนู (As) ใน ตะกอนดินธารน้ำที่อยู่ใกล้แหล่งเหมืองแร่ดีบุกเก่าที่อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่ามี สารหนูในตะกอนดินอยู่ในช่วง 0.09-6,600 mg/kg ซึ่งพบว่าปริมาณการปนเปื้อนสูงสุดอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสัตว์หน้าดินและระบบนิเวศน์เช่นกัน จากข้อมูลการตรวจสอบการปนเปื้อนโลหะหนักในตะกอนดินแหล่งน้ำต่างๆ (แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำยม เป็นต้น) โดยกรมควบคุมมลพิษและหน่วยงานอื่นๆพบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของการปนเปื้อนโครเมียม ทองแดง และนิกเกิล มีการปนเปื้อนที่อาจยังไม่สูงมากนักยกเว้นเหล็ก อย่างไรก็ตาม ควรมีการเฝ้าระวังและหามาตรการป้องกันการรองรับโลหะหนักในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้น

2.5.2 การกำหนดเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพตะกอนดินของประเทศไทย

สำหรับประเทศไทยยังอยู่ในช่วงการศึกษาข้อมูลเพื่อประกาศมาตรฐานคุณภาพตะกอนดิน โดยกรมควบคุมมลพิษ ได้ศึกษาแนวทางการกำหนดมาตรฐานคุณภาพตะกอนดินในแหล่งน้ำผิวดินและ

นำเสนอรายงานการศึกษาพร้อมทั้งรับฟังความคิดเห็นต่อแนวทางดังกล่าว อย่างไรก็ตามในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพตะกอนดินได้พิจารณาประเด็นเรื่องสารอันตรายที่มีความสำคัญในการนำมาจัดทำมาตรฐานตะกอนดินในประเทศไทย (Chemicals of Potential Concern) ซึ่งหมายถึงสารอันตรายที่มีการปลดปล่อยจากกิจกรรมมนุษย์ (รวมถึง การทำเหมือง แร่) ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติและมีแนวโน้มที่จะส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสัตว์หน้าดินรวมถึงอาจสะสมผ่าน ห่วงโซ่อาหารไปสู่สัตว์น้ำและมนุษย์ได้ ทั้งนี้ร่างกำหนดมาตรฐานดังกอนดินแสดงในตารางที่ 2.5.2-1

ตารางที่ 2.5.2-1 (ร่าง) ค่ามาตรฐานตะกอนดินจากสารอันตราย (Sediment Quality Guidelines: SQGs) ระดับ TEC (Threshold Effects Concentrations)

สารอันตราย	Consensus-based TEC
Metals (mg/kg DW)	
Arsenic	9.79
Cadmium	0.99
Chromium	43.4
Copper	31.6
Lead	35.8
Mercury	0.18
Nickel	22.7
Zinc	121
Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (ug/kg DW)	
Anthracene	57.2
Fluorene	77.4
Naphthalene	176
Phenanthrene	204
Benz[a]anthracene	108
Benzo[a]pyrene	150

สารอันตราย	Consensus-based TEC
Chrysene	166
Fluoranthrene	423
Pyrene	195
Total PAHs	1610
Polychlorinated Biphenyls (ug/kg DW)	
Total PCBs	59.8
Organochlorine Pesticides (ug/kg DW)	
Chlordane	3.24
Dieldrin	1.9
Sum DDD	4.88
Sum DDE	3.16
Sum DDT	4.16
Total DDTs	5.28
Endrin	2.22
Heptachlor Epoxide	2.47
Lindane (gamma-BHC)	2.37

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ. 2553

2.5 ข้อมูลทั่วไปของคลองชวดหมัน

คลองชวดหมัน เป็นคลองธรรมชาติตั้งอยู่ในเขตชุมชนหมู่ 7 อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ โดยมีจุดเริ่มต้นของคลองเชื่อมต่อมาจากคลองโอ่งแตก และคลองลำชวดตาชุ่ม จากจุดที่เชื่อมต่อจากคลองลำชวดตาชุ่มประมาณ 1 กิโลเมตร คลองชวดหมันมีการเชื่อมต่อกับคลองลำรางตาพลอยซึ่งมีทิศทางการไหลของน้ำลงสู่คลองชวดหมัน เส้นทางการไหลของน้ำคลองชวดหมันจะไหลลงมาทางทิศใต้ผ่านชุมชน รวมถึงไหลผ่านทางด้านหลังของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ คลองชวดหมันมีความยาวตลอดลำคลองประมาณ 3.5 กิโลเมตร กว้างประมาณ 3.5 เมตร ลึก ประมาณ 1-2 เมตร ในอดีตน้ำจากคลองชวดหมันใช้ประโยชน์ เพื่อการอุปโภค บริโภค แต่ในปัจจุบันการใช้ประโยชน์ของ

คลองเปลี่ยนไป เนื่องจากคุณภาพน้ำในลำคลองที่เสื่อมโทรมลง ซึ่งจากการสำรวจของ กนกอร และคณะ (2551) พบว่ามีกิจกรรมต่างๆที่อาจส่งผลต่อคุณภาพน้ำสรุปได้ดังนี้

- การปล่อยน้ำทิ้งลงคลองของบ้านเรือน ร้านค้า และหอพักซึ่งตั้งอยู่กระจัดกระจายตลอดลำคลอง
- การปล่อยน้ำทิ้งลงคลองของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
- การระบายน้ำจากบ่อเลี้ยงปลา
- การเน่าเสียของพืชน้ำ
- โรงงานอุตสาหกรรม คือ โรงงานอุตสาหกรรมผลิตขนมปัง และโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน็อต

2.6 คุณภาพน้ำของคลองชวดหมัน

จากการศึกษาคุณภาพน้ำคลองชวดหมันในปีที่ล่าสุด (พ.ศ. 2551) ของนักวิจัย 2 กลุ่ม สรุปได้ในตาราง 2.6-1 และ 2.6-2

ตาราง 2.6-1 คุณภาพน้ำบริเวณจุดต่างๆของคลองชวดหมัน

จุดเก็บน้ำ	ค่าพารามิเตอร์				
	pH	COD (mg/L)	Phosphate (mg/L)	TKN (mg/L)	Conductivity (us/cm)
จุดที่ 1	8.1	130.5	0.7	11.2	1107.0
จุดที่ 2	8.4	151.0	0.4	3.36	1223.0
จุดที่ 3	8.6	52.0	0.4	4.48	1242.0
จุดที่ 4	8.6	52.0	0.5	4.48	1224.0

ที่มา : กษมา นับถือดีและคณะ. 2551

หมายเหตุ :

น้ำจุดที่ 1 หมายถึง น้ำเสียที่ปล่อยออกจากระบบบำบัดของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติลงคลองชวดหมัน

น้ำจุดที่ 2 หมายถึง บริเวณก่อนถึงจุดปล่อยน้ำจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติลงคลองชวดหมัน

น้ำจุดที่ 3 หมายถึง บริเวณระยะห่างจากจุดปล่อยน้ำจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 100 เมตร

น้ำจุดที่ 4 หมายถึง บริเวณระยะห่างจากจุดปล่อยน้ำจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 200 เมตร

ตาราง 2.6-2 คุณภาพน้ำของคลองชวดหมัน

พารามิเตอร์	ค่าความเข้มข้น	หมายเหตุ
อุณหภูมิ (^{O}C)	26.5-32.8	-
ความเป็นกรด-ด่าง	6.8-7.82	-
ของแข็งแขวนลอย (mg/l)	49.6-101.6	ค่าของแข็งแขวนลอยมากที่สุดเท่ากับ 101.6 mg/l คือจุดที่ เป็นจุดก่อนที่จะเข้าเขตชุมชน และเป็นจุดที่มีความตื้นเขิน
ความขุ่น (NTU)	14.4-49.6	จุดที่มีความขุ่นมากที่สุด คือจุดที่เป็นบ่อเลี้ยงปลา
ออกซิเจนละลาย (mg/l)	0.4-6.6	จุดที่มีค่าออกซิเจนละลายน้อยที่สุด คือ จุดที่ อยู่ในเขตลำรางตาพลอย โดยสภาพน้ำ มีสีดำ ขุ่น มีกลิ่นเหม็น บนผิวน้ำมีคราบสนิมเหล็ก
บีโอดี(mg/l)	13.5-132.6	จุดที่มีค่าบีโอดีสูงสุดคือ จุดที่อยู่ในลำรางตาพลอย โดยน้ำมีสีดำเข้ม มีโรงงานอุตสาหกรรมที่

พารามิเตอร์	ค่าความเข้มข้น	หมายเหตุ
		เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษถึง 2 แห่ง
แอมโมเนีย(mg/l)	0.6-2.2	จุดที่มีค่าสูงสุดคือ จุดรับน้ำจากลำรางตาพลอย
ฟอสฟอรัสทั้งหมด(mg/l)	0.6-0.8	-

ที่มา : กนกอร ศรีจันทวงษ์และคณะ. 2551

2.7 การทดสอบทางพิษวิทยา

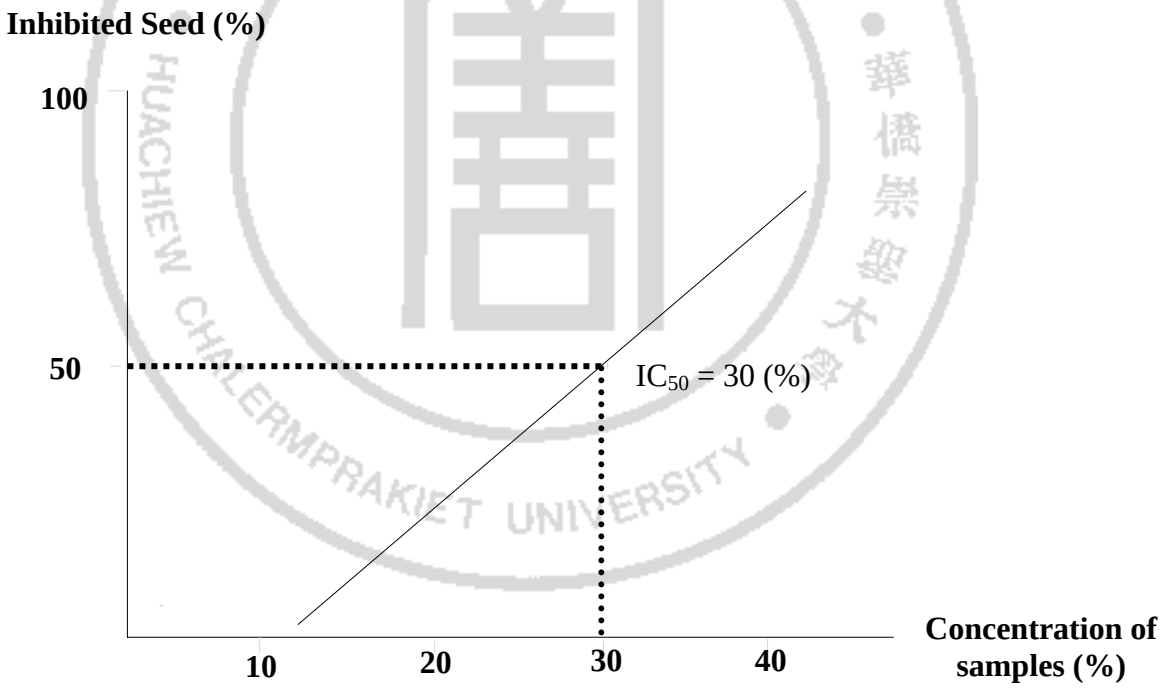
โดยทั่วไปการทดสอบความเป็นพิษของสารพิษต่างๆ มีหลายวิธีและหลายระดับ เช่น การทดลองโดยใช้ cell line เป็นรูปแบบการทดลอง การใช้ microorganisms ชนิดต่างๆ การใช้พืช และการใช้สัตว์ทดลองทั้งที่เป็นสัตว์ทดลองขนาดเล็กเซลล์เดียว ไปจนถึงสัตว์ทดลองที่มีขนาดใหญ่และมีโครงสร้างทางชีววิทยาใกล้เคียงกับมนุษย์ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่สามารถระบุระดับความเป็นพิษของสารพิษ หรือสารเคมีชนิดนั้นๆได้ โดยในปัจจุบันได้ มีการพัฒนาเทคนิคใหม่ๆ เพื่อให้มีความสะดวกรวดเร็วในการแปรผลการทดสอบ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับสารเคมีรวม หรือสารมลพิษรวมที่คาดว่าน่าจะมีการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น ในน้ำ ในดิน หรือแม้แต่ในอากาศ

อย่างไรก็ตามในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือก 2 เทคนิคที่จะใช้ทดสอบระดับความเป็นพิษในระดับของการคัดกรองความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน คือ เทคนิค Seed Germination/Root Elongation และเทคนิค Ames test ซึ่งเป็นวิธีทดสอบความเป็นพิษแบบเรื้อรัง โดยสามารถแปรผลเบื้องต้นของการมีโอกาสการเป็นสารก่อมะเร็งจากความสามารถในการกลายพันธุ์ ซึ่ง 2 เทคนิคดังกล่าวสามารถสรุปหลักการโดยย่อดังนี้

2.8 หลักการของเทคนิค seed germination/root elongation และการประยุกต์ใช้

Seed Germination/Root Elongation เป็นเทคนิคที่ได้รับการแนะนำจาก Environmental Protection Agency ((EPA) เรื่อง Ecological effect test guideline OPPTS 850.4200 Seed Germination/Root Elongation Toxicity Test ซึ่งระบุให้เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถใช้ทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity) ได้

หลักการทั่วไปของเทคนิค Seed germination/Root elongation คือการใช้เมล็ดพืชเป็นตัวแทนของการทดสอบ โดยการนับจำนวนของเมล็ดพืชที่งอก และวัดความความยาวราก เปรียบเทียบระหว่างเมล็ดพืชที่ได้รับสารที่ต้องการทดสอบกับเมล็ดพืชในชุดควบคุม (ไม่ได้รับสารที่ต้องการทดสอบ) ซึ่งการทดสอบความเป็นพิษด้วยการนำสารที่ต้องการทดสอบมาเจือจางที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เพื่อให้ได้กราฟแสดงผลของความเป็นพิษที่แต่ละระดับความเข้มข้น แล้วนำไปคำนวณหาระดับความความเป็นพิษที่ร้อยละ 50 ของระดับความเป็นพิษทั้งหมด จากสมการเส้นตรง (Y= aX+b) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมลพิษที่ต้องการทดสอบและร้อยละของจำนวนเมล็ดข้าวที่ไม่งอก หรือการอ่านผลจากค่า IC50 จากรูปกราฟ แสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.8-1



รูปที่ 2.8-1 ตัวอย่างการคำนวณค่า IC_{50}

Seed germination/root elongation ถูกนำมาใช้ในการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันในตัวอย่างหลายลักษณะ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การทดสอบความเป็นพิษของสารพิษรวม (mixture substance) ที่มีการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน รวดเร็ว ลดค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ และสามารถแปรผลความเป็นพิษระดับการคัดกรองแบบเฉียบพลันได้เป็นอย่างดี (EPA. 1996: 1-8)

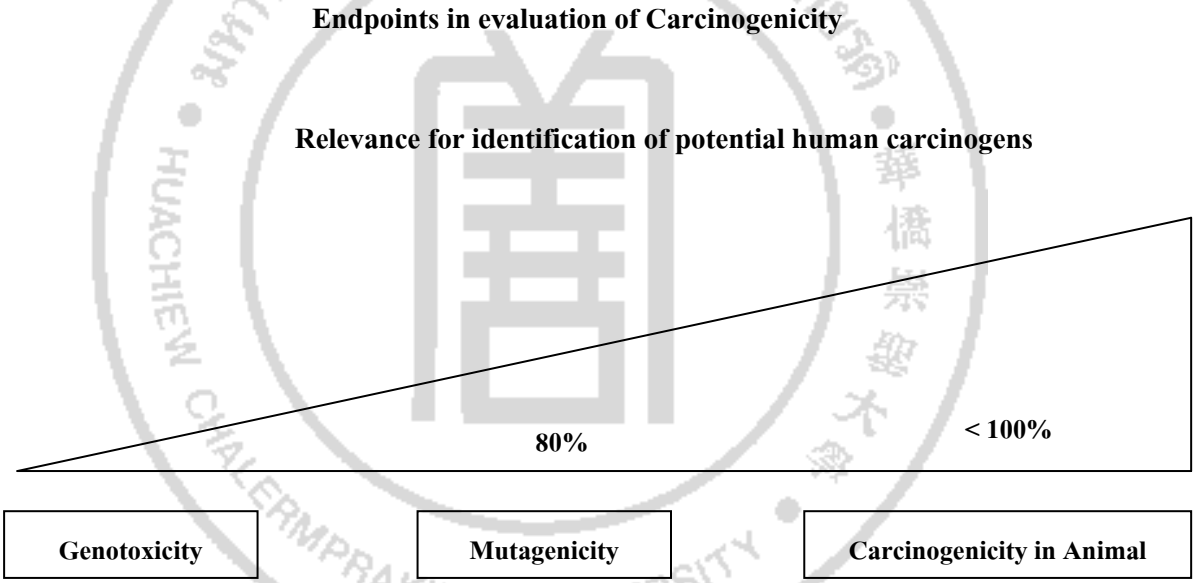
ตัวอย่างงานวิจัยที่เคยใช้เทคนิคนี้ในการศึกษาความปีนพิษรวม เช่น การศึกษาความเป็นพิษของน้ำชะมูลฝอย โดยใช้การงอกของเมล็ดข้าวเป็นดัชนี (Tawach. 2008: 86-94) เช่นเดียวกับการศึกษาของทองใบ และ ภรณี (2541) โดยศึกษาผลของน้ำชะมูลฝอยและน้ำกากส่า โดยการเปรียบเทียบการงอกและความยาวรากของเมล็ดพืชหลายชนิดเป็นดัชนี พบว่า เมล็ดข้าวมีความไวต่อการได้รับสารมลพิษรวม ซึ่งให้ผลการทดสอบเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Wuncheng and Paul (2004) ซึ่งได้ทดสอบความเป็นพิษของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแม่พิมพ์โลหะ โดยใช้พืช 10 ชนิด ได้แก่ กะหล่ำปลี แครอท แตงกวา ผักกาดหอม ข้าวโอ๊ต ข้าว มะเขือเทศ และข้าวสาลี ข้าวฟ่าง 2 ชนิด วัดผลโดยการทดสอบโดยวิธี seed germination สำหรับลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งเมื่อเทียบกับ Federal Pretreatment Standard พบว่ามี Zn เพียงตัวเดียวที่มีความเข้มข้นเกินมาตรฐาน ส่วนโลหะหนักตัวอื่นๆ ได้แก่ CN Cd Cr (VI) Cu Fe Pb Mn Ni และ Ag มีความเข้มข้นต่ำกว่ามาตรฐานทั้งสิ้น จากผลการทดสอบพบว่าข้าว มีความไวต่อความเป็นพิษของน้ำทิ้งดังกล่าวมากที่สุด รองลงมาได้แก่ แครอท ผักกาดหอม มะเขือเทศ แตงกวา กะหล่ำปลี ข้าวโอ๊ต ข้าวฟ่าง 2 ชนิด และข้าวสาลี ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Wang and William (1988) ได้ศึกษาผลของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม 3 ประเภท ได้แก่ โรงงานผลิตเครื่องจักร โรงงานผลิตแป้งข้าวโพด และโรงงานผลิตสารเคมี ซึ่งจากตัวอย่างงานวิจัยทั้ง 4 เรื่อง มีการใช้หลักการของ Seed Germination/Root Elongation เหมือนกัน โดยเลือกใช้ชนิดของเมล็ดพืชที่ต่างกัน

กษมา นับถือดีและคณะ (2551) ศึกษาความเป็นพิษของน้ำในคลองชวดหมัน โดยใช้เมล็ดข้าวเป็นตัวชี้วัด โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสียทั้งหมด 5 จุด ได้แก่ จุดน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบ่อดักไขมันในอาคารโภชนาการ จุดน้ำเสียที่ปล่อยออกจากระบบบำบัดของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ จุดน้ำเสียบริเวณก่อนถึงจุดปล่อยน้ำจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติลงคลองชวดหมัน จุดน้ำเสียบริเวณระยะห่างจากจุดปล่อยน้ำจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 100 เมตร และจุดน้ำเสียบริเวณระยะห่างจากจุดปล่อยน้ำจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 200

เมตร จากผลการศึกษาพบว่าน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบ่อดักไขมันในอาคารโภชนาการ ส่งผลยับยั้งการงอกความยาวราก และดัชนีการงอกมากที่สุด

2.9 หลักการของเทคนิค Ames test และการประยุกต์ใช้

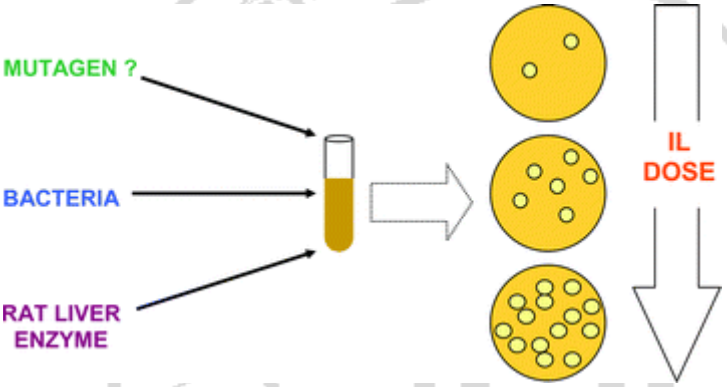
การทดสอบความเป็นพิษด้วยหลักการ Ames test เป็นอีกเทคนิคหนึ่งในการแปรผลของโอกาสในการเกิดมะเร็ง ซึ่งอธิบายในรูปที่ 2.9-1 โดยสารเคมีที่ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ มีโอกาสที่จะก่อมะเร็งในสัตว์ทดลองอย่างน้อยประมาณ 80% ดังนั้นการใช้หลักการทดสอบการกลายพันธุ์ด้วยวิธี Ames test เป็นรูปแบบหนึ่งในการคัดกรองการเกิดมะเร็งเบื้องต้นได้ (NIESH. 2008: 450-455)



รูปที่ 2.9-1 Endpoint in evaluation of carcinogenicity

(ที่มา: (NIESH. 2008: 450-455)

หลักการทั่วไปของวิธี Ames test เป็นการสังเกตการปรากฏของแบคทีเรียที่เกิด back-mutation หรือ reversion เมื่อได้รับสารก่อกลายพันธุ์ โดยจะพบว่าอัตราการผันกลับของ revertant bacteria สูงกว่าอัตราการผันกลับที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ส่วนใหญ่เทคนิค Ames test จะใช้แบคทีเรียชนิด *Salmonella* bacteria สายพันธุ์ต่างๆในการทดสอบ โดยการทดสอบความสามารถในการผันกลับได้ของ *Salmonella* ซึ่งขาดคุณสมบัติในการสังเคราะห์ histidine (His-) ไปสู่เซลล์ที่สามารถสังเคราะห์ histidine ได้ (His+) ภายหลังจากการได้รับสารก่อกลายพันธุ์ แสดงในรูป 2.9-2 ซึ่งการเกิดโคโลนีของ *Salmonella* มากแสดงถึงความสามารถในการเกิดการกลายพันธุ์มาก



รูปที่ 2.9-2 หลักการทดสอบด้วยวิธีการ Ames test

(ที่มา: (NIESH. 2008: 450-455**)**

โดยทั่วไปแบคทีเรีย *Salmonella* ชนิดที่ใช้ใน Ames test คือ *S. typhimurium* ซึ่งสายพันธ์ (strain) มีการรับรองให้ใช้ได้ คือ TA97, TA98, TA100, TA102, TA104, TA1535, TA1537, and TA1538 นอกจากนี้ยังสามารถใช้แบคทีเรียชนิด *Escherichia coli*: strain WP2 uvrA pKM101 ซึ่งมีความใกล้เคียงกับ *S. typhimurium* : strain TA102

อย่างไรก็ตามในการทดสอบการก่อกลายพันธุ์ด้วยวิธี Ames test ควรใช้ *S. typhimurium* ในหลายสายพันธุ์เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการสรุปผล (Mortelmans and Zeiger. 2000: 203-206) การนำหลักการ Ames test มาประยุกต์ในงานวิจัยที่ผ่านมามีการศึกษาในหลายด้าน เช่น การวิจัยการกลายพันธุ์

ของ สารสกัดสมุนไพรนมนาง สันโศก และหญ้าหวาน (อุษณีย์ และคณะ. 2544 : 147-153) หรือแม้แต่การประยุกต์ใช้การทดสอบคุณภาพของน้ำในแม่น้ำ (Otsu. 1998: 615-619) รวมทั้งงานวิจัยของ Lah (2008) ได้นำวิธีการ Ames test ไปทดสอบการกลายพันธุ์ของสารพิษต่างๆที่อยู่ในน้ำ ดิน และน้ำชะขยะ (Leachate) เป็นต้น

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
華僑崇聖大學
HUACHIEW CHALERMPRAKIET UNIVERSITY