บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 ความหมายของน้ำเสีย

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่างๆ ในปริมาณสูง จนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการ และเป็นที่น่ารังเกียจของคนทั่วไป น้ำเสียก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ แก่ลำน้ำซึ่งเป็นที่รองรับ เช่น ทำให้เกิดการเน่าเหม็นหรือเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เป็นต้น

สิ่งเจือปนต่างๆ ที่ทำให้น้ำกลายเป็นน้ำเสีย ได้แก่ สารอินทรีย์ต่างๆ กรด ด่าง ของแข็งหรือสารแขวนลอย และสิ่งที่ลอยปนอยู่ในน้ำ เช่น น้ำมัน ไขมัน เกลือ และแร่ธาตุที่เป็นพิษ เช่น โลหะหนัก สารที่ทำให้เกิดฟอง ความร้อน สารพิษ เช่น ยาฆ่าแมลง สี กลิ่น และสารกัมมันตภาพรังสี เป็นต้น ในแต่วันคนหนึ่งจะมีการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคโดยเฉลี่ย 150-200 ลิตร ซึ่งน้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์แล้วนี้จะกลับกลายเป็นน้ำที่มีความสกปรก และมีสิ่งเจือปน หรือที่เรียกว่าน้ำเสีย ดังนั้น การเพิ่มจำนวนประชากรในแต่ละชุมชน จึงมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มจำนวนน้ำเสียด้วย นอกจากนี้ การประกอบกิจกรรมต่างๆ ในภาคธุรกิจการค้า การบริการรวมทั้งการผลิตสินค้าต่างๆ ล้วนแต่ต้องใช้น้ำเป็นจำนวนมากในกระบวนการผลิต หรือการบริการ ดังนั้น การขยายตัวของกิจการต่างๆ จึงมีส่วนทำให้เกิดน้ำเสียจำนวนมากด้วย สาเหตุสำคัญของปัญหาน้ำเสียที่เกิดขึ้นในประเทศไทย พอสรุปได้ดังนี้ (สุรีย์ บุญญานุพงศ์, 2544)

1) การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรในเขตเมืองและเขตชนบท การเพิ่มขึ้นของประชากรทำให้ชุมชนขยายตัวขึ้น นอกจากนี้การขยายตัวของกิจกรรมต่างๆ เช่น การท่องเที่ยว การบริการ และการขนส่ง ฯลฯ ก็มีส่วนทำให้น้ำเสียเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก

2) การขยายตัวทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรม ทำให้มีความต้องการใช้น้ำจำนวนมาก ซึ่งเป็นผลให้เกิดน้ำเสียจากอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นน้ำเสียที่ไม่สามารถบำบัดได้โดยธรรมชาติ การส่งเสริมการลงทุนภาคอุตสาหกรรมทั้งในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล รวมทั้งภูมิภาคต่างๆ ทำให้น้ำเสียจากภาคอุตสาหกรรมมีการกระจายตัวไปทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ

3) การนำเทคโนโลยีใหม่ๆ และสารเคมีชนิดต่างๆมาใช้ในการผลิตทั้งภาคเกษตรและอุตสาหกรรม ทำให้น้ำทิ้งถูกปล่อยทิ้งจากกระบวนการผลิตมีการปนเปื้อนของสารเคมีที่เป็นพิษและโลหะหนัก ซึ่งน้ำเสียประเภทนี้ก่อให้เกิดปัญหาและผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาและสุขภาพของประชาชนอย่างมาก นอกจากนี้ยังเป็นน้ำเสียที่ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการบำบัด

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2.2 ประเภทของแหล่งกำเนิดน้ำเสีย

แหล่งกำเนิดน้ำเสียเกิดได้จากหลายกิจกรรม ซึ่งแต่ละกิจกรรมจะมีปริมาณและคุณสมบัติของน้ำเสียแตกต่างกัน และก่อให้เกิดผลกระทบที่แตกต่างกันด้วย กิจกรรมหลักที่ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำแบ่งเป็น 3 กิจกรรมหลัก ได้แก่ จากชุมชนและพาณิชย์ จากโรงงานอุตสาหกรรม และจากเกษตรกรรม ดังนี้ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545)

2.2.1 น้ำเสียจากชุมชน

แหล่งน้ำเสียประเภทนี้ได้แก่ แหล่งพักอาศัย อาคารชุด โรงพยาบาล ร้านอาหาร โรงฆ่าสัตว์ โดยมีน้ำเสียเกิดจากการชำระร่างกาย การซักเสื้อผ้า และการประกอบอาหาร

2.2.2 น้ำเสียจากอุตสาหกรรม

เกิดจากกระบวนการในการผลิตทางอุตสาหกรรม เช่น น้ำหล่อเย็น น้ำล้าง น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต การทิ้งของเสียจากการผลิตสู่แหล่งน้ำ รวมถึงการทำเหมืองแร่

2.2.3 น้ำเสียจากเกษตรกรรม

น้ำเสียมาจากการล้างภาชนะที่บรรจุหรืออุปกรณ์ฉีดพ่น และการระบายของเสียจากมูลสัตว์ลงแหล่งน้ำ เช่น ฟาร์มสุกร นากุ้ง บ่อเลี้ยงปลา การฉีดพ่นสารเคมี การชะล้างหน้าดิน เป็นต้น

2.2.4 น้ำเสียจากแหล่งอื่นๆ เช่น ภาวะมลพิษจากน้ำมันที่ใช้กับเครื่องจักรกลของเรือ การเกิดอุบัติเหตุของเรือขนส่งน้ำมัน และการขับถ่ายสิ่งปฏิกูลของผู้โดยสารบนเรือ การก่อสร้าง การล้างถนน น้ำเสียจากแพปลา ท่าเทียบเรือประมง เป็นต้น

2.3 น้ำเสียจากชุมชน

น้ำเสียจากชุมชน (Domestic wastewater) โดยทั่วไปหมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชน และกิจกรรมที่เป็นอาชีพ ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหารและชำระล้างสิ่งสกปรกทั้งหลายภายในครัวเรือน และอาคารประเภทต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งน้ำเสียจากชุมชนแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ น้ำเสีย Blackwater ที่มาจากส้วม และน้ำเสีย Greywater ที่มาจากซักล้าง จากห้องครัว และจากห้องน้ำ (เสนีย์ กาญจนวงศ์, 2547) แต่ในปัจจุบันน้ำเสีย Blackwater จากส้วมในแต่ละครัวเรือนจะต้องมีถังบำบัดแยกออกจากน้ำเสีย Greywater เช่น บ่อเกรอะ หรือถังเกรอะ เป็นต้น ดังนั้นคำว่าน้ำเสียชุมชน (Domestic wastewater) ที่ใช้กันทั่วไปจึงมักหมายถึงน้ำเสีย Greywater ซึ่งน้ำเสีย Greywater ตามคำนิยามขององค์การอนามัยโลกและนักวิชาการ หมายถึง น้ำเสียที่มาจากซักล้าง จากห้องครัว และจากห้องน้ำ ไม่รวมน้ำเสียที่มาจากส้วม (Blackwater) (Porto and Steinfeld, 2000; Ridderstolpe, 2004; WHO, 2006) ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ให้คำนิยามน้ำเสียจากชุมชนขนาดเล็กว่าหมายถึง น้ำเสียที่มาจากการซักล้าง จากห้องครัว และจากห้องน้ำ ไม่รวมน้ำเสียที่มาจากส้วม ซึ่งมาจากครัวเรือนประมาณ 81 หลังคาเรือน

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ลักษณะของน้ำเสียจากชุมชนขึ้นกับกิจกรรมและวิถีชีวิตของครัวเรือน เช่น การใช้สารทำความสะอาด น้ำยาล้างจาน การซักผ้า เป็นต้น น้ำเสียจากชุมชนส่วนมากจะประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่าย เช่น ไขมัน น้ำมัน สารประกอบอาหาร รวมทั้งสบู่และสารลดแรงตึงผิวในผงซักฟอก ปริมาณเชื้อโรคไม่สูง อาจเกิดจากการปนเปื้อนของสิ่งปฏิกูล ซึ่งใช้โคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นดัชนี

ความสกปรกของน้ำเสียจากชุมชนมักต่ำกว่าน้ำเสียรวมทั่วไป โดยมีค่าบีโอดี ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวม ประมาณ 60-70%, 5-10% และ 5-50% ของน้ำเสียรวมทั่วไปตามลำดับ อาจมีฟอสฟอรัสรวมสูง เนื่องจากการใช้ผงซักฟอกบางชนิด โลหะหนักละสารอันตรายที่พบเกิดจากการกัดกร่อนในระบบท่อ สีย้อม สารทำละลายและสารเคมีต่างๆ เช่น น้ำหอม สารกันบูด และสารทำความสะอาด

ปริมาณน้ำเสียจากชุมชนเปลี่ยนแปลงตามพฤติกรรมการใช้น้ำ ในพื้นที่ห่างไกลอาจมีอัตราการเกิดน้ำเสียระหว่าง 20-30 ลิตรต่อคนต่อวัน ในขณะที่ชุมชนธุรกิจซึ่งครัวเรือนมีฐานะดี อาจผลิตน้ำใช้ในครัวเรือนได้หลายร้อยลิตรต่อคนต่อวัน (เฉลี่ย 130-195 ลิตรต่อคนต่อวัน) ซึ่งสามารถควบคุมและลดการผลิตน้ำใช้ในครัวเรือนได้โดยการใช้สุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ เช่น ตัวอย่างในประเทศกลุ่มสแกนดิเนเวีย ซึ่งสามารถลดการใช้น้ำด้วยสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ ทำให้เกิดน้ำใช้ในครัวเรือนเฉลี่ยเพียง 60 ลิตรต่อคนต่อวันเท่านั้น ซึ่งในประเทศไทยก็ได้มีการสำรวจอัตราการเกิดน้ำเสียตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันและได้คาดการณ์แนวโน้มอัตราการเกิดน้ำเสียในอนาคตไว้ ดังแสดงในตารางที่ 2-1 (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

ตารางที่ 2-1 อัตราการเกิดน้ำเสีย

ภาค	อัตราการเกิดน้ำเสีย (ลิตร/คน-วัน)					
	2536	**2540**	**2545**	**2550**	**2555**	**2560**
กลาง	160-214	165-242	170-288	176-342	183-406	189-482
เหนือ	183	200	225	252	282	316
ตะวันออกเฉียงเหนือ	200-253	216-263	239-277	264-291	291-306	318-322
ใต้	171	195	204	226	249	275

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2538

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2.3.1 ความสำคัญของน้ำเสียจากชุมชน

สาเหตุของการเสื่อมคุณภาพน้ำในแม่น้ำสายหลักของประเทศ มาจากแหล่งใหญ่ที่สำคัญที่สุดคือน้ำเสียจากชุมชนที่มีการระบายน้ำเสียลงในแม่น้ำประมาณ 60-70% ของปริมาณของเสียที่ระบายลงแม่น้ำทั้งหมดเป็นน้ำเสียจากชุมชน ส่วนที่เหลือ 30-40% เป็นน้ำเสียจากอุตสาหกรรมและอื่นๆ น้ำเสียจากชุมชนนั้นมาจากน้ำในส้วมที่ผ่านบ่อเกรอะบ่อซึม ซึ่งบ่อเกรอะมีลักษณะเป็นบ่อปิด น้ำซึมไม่ได้และไม่มีการเติมอากาศ ดังนั้นสภาวะในบ่อจึงเป็นแบบไร้อากาศ (Anaerobic) โดยทั่วไปมักใช้สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากส้วม แต่จะใช้บำบัดน้ำเสียจากครัวหรือน้ำเสียอื่นๆ ด้วยก็ได้ จากนั้นก็จะถูกปล่อยลงรางระบายน้ำฝนเหลือความสกปรกประมาณร้อยละ 10 แต่น้ำจากการอาบ ซักผ้า และการประกอบอาหาร มีความสกปรกรวมกันถึงร้อยละ 88 ของความสกปรกจากครัวเรือนทั้งหมด

สิ่งที่ควบคุมลักษณะและส่วนประกอบของน้ำเสียจากชุมชน ได้แก่ ลักษณะของชุมชน ถ้าเป็นชุมชนที่มีอัตราการใช้น้ำต่อบุคคลจำกัดก็จะทำให้มีความเข้มข้นของสิ่งสกปรกมาก แต่ถ้าเป็นชุมชนที่มีอัตราการใช้น้ำต่อบุคคลสูงก็จะทำให้มีความเข้มข้นของสิ่งสกปรกไม่มากนัก และถ้ามีระบบท่อระบายน้ำเสียจากบ้านเรือนแยกกับน้ำล้นผิวถนนหรือผิวดิน และไม่มีน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมย่อยมาปะปนแล้ว ความเข้มข้นและส่วนประกอบของน้ำเสียจะคงที่ แต่ถ้าอัตราการไหลภายในท่อของแต่ละวันไม่เท่ากัน ก็อาจมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของน้ำเสียได้ (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2536)

ลักษณะทั่วไปของแหล่งน้ำเสียจากชุมชนประกอบด้วยไนโตรเจนทั้งหมด 15-60 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.5-1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าพีเอชค่อนข้างเป็นกลาง สิ่งเจือปนในน้ำเสียมีทั้งสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ที่เป็นของแข็งและสารละลาย นอกจากนี้ยังอาจมีเชื้อโรคและพยาธิปนอยู่ด้วย แต่สิ่งสกปรกที่สำคัญที่สุด ได้แก่ สารอินทรีย์ซึ่งจุลินทรีย์ย่อยสลายได้ จึงมีอาหารเสริมสร้างสำหรับจุลินทรีย์ เช่น ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส อย่างเพียงพอ ปริมาณของไนโตรเจนในน้ำเสียจะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ถ้าฤดูหนาวจะมีรูปของไนเตรทมาก แต่ในฤดูร้อนจะมีแอมโมเนียมาก และมีการสูญเสียไนโตรเจนมากในช่วงฤดูร้อน (เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2518)

น้ำเสียจากชุมชนเป็นน้ำเสียที่บำบัดได้ง่าย เนื่องจากส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ต่างๆ ที่มีธาตุอาหารครบถ้วนตามความต้องการของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำเสีย การบำบัดน้ำเสียจากชุมชนจึงนิยมใช้การบำบัดทางชีวภาพ เช่น กระบวนการเร่งตะกอน บ่อผึ่ง เป็นต้น (สมบูรณ์ ลุวีระ, 2530)

2.3.2 ลักษณะของน้ำเสียจากชุมชน

น้ำเสียที่เกิดจากบ้านพักอาศัยประกอบไปด้วยน้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ซึ่งมีองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

1) สารอินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เช่น เศษข้าว ก๋วยเตี๋ยว น้ำแกง เศษใบตอง พืชผัก ชิ้นเนื้อ เป็นต้น ซึ่งสามารถถูกย่อยสลายได้ โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ทำให้ระดับออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen) ลดลงเกิดสภาพเน่าเหม็นได้ ปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำนิยมวัดด้วยค่าบีโอดี (BOD) เมื่อค่าบีโอดีในน้ำสูง แสดงว่ามีสารอินทรีย์ปะปนอยู่มาก และสภาพเน่าเหม็นจะเกิดขึ้นได้ง่าย

2) สารอนินทรีย์ ได้แก่ แร่ธาตุต่างๆ ที่อาจไม่ทำให้เกิดน้ำเน่าเหม็น แต่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ได้แก่ คลอไรด์, ซัลเฟอร์ เป็นต้น

3) โลหะหนักและสารพิษ อาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์และสามารถสะสมอยู่ในวงจรอาหาร เกิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น ปรอท โครเมียม ทองแดง ปกติจะอยู่ในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชที่ปนมากับน้ำทิ้งจากการเกษตร สำหรับในเขตชุมชนอาจมีสารมลพิษนี้มาจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนบางประเภท เช่น ร้านชุบโลหะ อู่ซ่อมรถ และน้ำเสียจากโรงพยาบาล เป็นต้น ซึ่งในการตรวจวิเคราะห์หาค่าโลหะหนักที่อยู่ในน้ำเสียจากชุมชนนั้น อาจจะตรวจไม่พบ หรือพบในปริมาณที่น้อยมาก ไม่เกินค่ามาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ขึ้นอยู่กับกิจกรรมในแต่ละชุมชน (Finley *et al.*, 2009; Salukazana *et al.*, 2009)

4) น้ำมันและสารลอยน้ำต่างๆ เป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสง และกีดขวางการกระจายของออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำ นอกจากนั้นยังทำให้เกิดสภาพไม่น่าดู

5) ของแข็ง เมื่อจมตัวสู่ก้นลำน้ำ ทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนที่ท้องน้ำ ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน มีความขุ่นสูง มีผลกระทบต่อการดำรงชีพของสัตว์น้ำ

6) สารก่อให้เกิดฟอง/สารซักฟอก ได้แก่ ผงซักฟอก สบู่ ฟองจะกีดกันการกระจายของออกซิเจนในอากาศสู่น้ำ และอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

7) จุลินทรีย์ น้ำเสียจากโรงฟอกหนัง โรงฆ่าสัตว์ หรือโรงงานอาหารกระป๋อง จะมีจุลินทรีย์เป็นจำนวนมากจุลินทรีย์เหล่านี้ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตสามารถลดระดับของออกซิเจนละลายน้ำ ทำให้เกิดสภาพเน่าเหม็น นอกจากนี้จุลินทรีย์บางชนิดอาจเป็นเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อประชาชน เช่น จุลินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงพยาบาล

8) ธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เมื่อมีปริมาณสูงจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็วของสาหร่าย (Algae bloom) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้ระดับออกซิเจนในน้ำลดลงต่ำมากในช่วงกลางคืน อีกทั้งยังทำให้เกิดวัชพืชน้ำ ซึ่งเป็นปัญหาแก่การสัญจรทางน้ำ

9) กลิ่น เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจนหรือกลิ่นอื่นๆ จากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น โรงงานทำปลาป่น โรงฆ่าสัตว์ เป็นต้น

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2.3.3 ลักษณะน้ำเสียจากชุมชนที่สำคัญในการตรวจวิเคราะห์

ในน้ำเสียจากชุมชนมีคุณสมบัติที่สำคัญที่ต้องทำการตรวจวิเคราะห์ ดังนี้ (กรมควบคุมมลพิษ,.2545)

1) พีเอช (pH) เป็นค่าที่บอกถึงความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเสีย โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตในน้ำหรือจุลินทรีย์ในถังบำบัดจะดำรงชีพได้ดีในสภาวะเป็นกลาง คือ pH ประมาณ 6-8

2) บีโอดี (Biochemical oxygen demand) เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ถ้าค่าบีโอดีสูงแสดงว่าความต้องการออกซิเจนสูง นั่นคือมีความสกปรกหรือสารอินทรีย์ในน้ำมาก

3) ซีโอดี (Chemical oxygen demand) คือค่าปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ด้วยวิธีการทางเคมี มักใช้เทียบหาค่าบีโอดีโดยคร่าวๆ ปกติ COD:BOD ของน้ำเสียจากชุมชนประมาณ 2-4 เท่า

4) ปริมาณของแข็ง (Solids) หมายถึงปริมาณสารต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ทั้งในลักษณะที่ไม่ละลายน้ำและที่ละลายน้ำ (Dissolved solids) ของแข็งบางชนิดมีน้ำหนักเบาและแขวนลอยอยู่ในน้ำ (Suspended solids) บางชนิดหนักและจมตัวลงเบื้องล่าง (Settleable solids) ของแข็งที่ไม่ละลายน้ำนี้อาจสร้างปัญหาในการอุดตันเครื่องเติมอากาศ และถ้าปล่อยทิ้งในปริมาณมากจะทำให้เกิดความสกปรกและตื้นเขินในลำน้ำธรรมชาติ ตลอดจนบดบังแสงแดดที่ส่องลงสู่ท้องน้ำ

5) ไนโตรเจน (Nitrogen) เป็นธาตุจำเป็นในการสร้างเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ไนโตรเจนจะเปลี่ยนสภาพเป็นแอมโมเนีย ถ้าหากในน้ำมีออกซิเจนพอเพียงก็จะถูกย่อยสลายไปเป็นไนไทรต์และไนเตรท ดังนั้นการปล่อยน้ำเสียที่มีสารประกอบไนโตรเจนสูงจึงทำให้ออกซิเจนที่มีอยู่ในลำน้ำลดน้อยลง

6) ไขมันและน้ำมัน (Fat, Oil and Grease) ส่วนใหญ่ ได้แก่ น้ำมันและไขมันจากพืชและสัตว์ที่ใช้ในการทำอาหาร สบู่จากการอาบน้ำ ฟองสารซักฟอกจากการชำระล้าง สารเหล่านี้มีน้ำหนักเบาและลอยน้ำ ทำให้เกิดสภาพไม่น่าดูและขวางกั้นการซึมของออกซิเจนจากอากาศสู่แหล่งน้ำ นอกจากนี้ยังมีค่าบีโอดีสูงเพราะเป็นสารอินทรีย์

7) จุลินทรีย์ (Microorganism) โดยเฉพาะแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม เพราะเป็นค่าที่บ่งบอกถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพ เนื่องจากแบคทีเรียในกลุ่มนี้จะสามารถก่อให้เกิดโรคในคนได้ แบคทีเรียที่สำคัญในการวิเคราะห์ในน้ำเสียจากชุมชน ได้แก่ Total coliform bacteria, Fecal coliform และ *E.coli* ซึ่งในงานวิจัยของ Finley และคณะ (2009) ได้มีการตรวจพบแบคทีเรียพวก Fecal coliform ในน้ำเสียจากชุมชนปริมาณมาก นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Salukazana และคณะ (2009) มีการตรวจพบ Total coliform bacteria และ *E. coli* ในปริมาณที่มากด้วยเช่นกัน

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ปริมาณน้ำเสียและคุณสมบัติของน้ำเสียจากชุมชนจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละชุมชน ขึ้นอยู่กับขนาดของชุมชนที่พักอาศัย ประเภทของอาหารที่รับประทาน และสารเคมีที่ใช้ ซึ่งลักษณะของน้ำเสียจากชุมชนที่สำคัญที่ต้องทำการตรวจวิเคราะห์ อาจสรุปได้ ดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ลักษณะของน้ำเสียจากชุมชน

พารามิเตอร์	หน่วย	ความเข้มข้น		
		น้อย	ปานกลาง	มาก
1.ของแข็งทั้งหมด (Total solids)	mg/L	350	720	1200
ของแข็งละลายน้ำ (Dissolved solids)	mg/L	250	500	850
ของแข็งแขวนลอย (Suspended solids)	mg/L	100	220	350
2.ปริมาณตะกอนหนัก (Settleable solids)	mg/L	5	10	20
3.ค่าบีโอดี (Biochemical oxygen demand; BOD)	mg/L	110	220	400
4.ค่าซีโอดี (Chemical oxygen demand; COD)	mg/L	250	500	1000
5.ไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen)	mg/L	20	40	85
อินทรีย์ไนโตรเจน (Organic)	mg/L	8	15	35
แอมโมเนีย (Free ammonia)	mg/L	12	25	50
ไนโตรท์ (Nitrites)	mg/L	0	0	0
ไนเตรท (Nitrate)	mg/L	0	0	0
6.ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total as P)	mg/L	4	8	15
สารอินทรีย์ (Organic)	mg/L	1	3	5
สารอนินทรีย์ (Inorganic)	mg/L	3	5	10
7. คลอไรด์ (Chloride)[(1)]	mg/L	30	50	100
8.ซัลเฟต (Sulfate)[(1)]	mg/L	20	30	50
9.สภาพด่าง (Alkalinity as $CaCO_3$)	mg/L	50	100	200
10.ไขมัน (Grease)	mg/L	50	100	150
11.Total Coliform	MPN/100ml	106-107	107-108	107-109

หมายเหตุ : [(1)] เป็นค่าที่เพิ่มจากค่าที่ตรวจพบในน้ำใช้ปกติ

ที่มา : Metcalf and Eddy, 1991

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2.3.4 ธาตุอาหารที่มีในน้ำเสียจากชุมชน

น้ำเสียจากชุมชนจะประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นและเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างมาก (Salukazana *et al.*, 2009) ซึ่งธาตุอาหารในน้ำเสียจากชุมชนส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารประกอบไนโตรเจน (Nitrogen compounds) และสารประกอบฟอสฟอรัส (Phosphorus compounds) สารประกอบไนโตรเจนที่พบในน้ำเสียแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจน (Inorganic nitrogen) เช่น แอมโมเนีย ไนไตรต์ และไนเตรท สารพวกนี้อาจอยู่ในรูปปุ๋ย หรือเกลือในปัสสาวะ ส่วนอีกประเภทหนึ่ง คือ สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic nitrogen) เช่น โปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก สารดังกล่าวนี้เป็นส่วนประกอบของร่างกายมนุษย์ พืชและสัตว์ ในอุจจาระ ในปุ๋ยที่ได้จากมูลสัตว์ เป็นต้น และสามารถเปลี่ยนรูปจากสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำไปเป็นสารอินทรีย์ในรูปที่ละลายน้ำ ด้วยกระบวนการที่เรียกว่า Mineralization ซึ่งมีแบคทีเรียเป็นตัวสำคัญในการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้สารอนินทรีย์ในรูปต่างๆ ก็อาจเกิดการเปลี่ยนรูปได้โดยแบคทีเรียเช่นกัน กระบวนการในการเกิดมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป เช่น Ammonification, Nitrification และ Denitrification กระบวนการดังกล่าวมีความสำคัญเกี่ยวกับวัฏจักรในน้ำเสีย เพราะทำให้มีสารอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

สำหรับฟอสฟอรัสในน้ำเสียนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปฟอสเฟต รวมถึง Orthophosphate และ Condensed phosphate ทั้งชนิดที่ละลายและไม่ละลายน้ำ ทั้งอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร ล้วนเป็นตัวการทำให้เกิดปัญหายูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำ โดยเฉพาะในแหล่งน้ำนิ่ง ซึ่งสาหร่ายในแหล่งน้ำจะใช้ฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารและมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จนทำให้มีสีเขียวคล้ำไม่อาจใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำได้อย่างเหมาะสม

สารประกอบฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากชุมชนมาจากอาหารที่บริโภค และผงซักฟอกที่ใช้ในการซักล้าง และจากกิจกรรมอื่นๆ สามารถคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากชุมชนจากกรุงเทพฯและปริมณฑล และทั้งประเทศได้เท่ากับ 5,320 และ 31,226 ตัน/ปี ตามลำดับ ซึ่งเป็นฟอสฟอรัสที่มาจากสารซักฟอกในสัดส่วน 24-26% นอกจากนั้น ส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมอื่นๆ (สุรชัย ใหญ่สว่าง, 2530)

ดังรายงานวิจัยของ Finley และคณะ (2009) ที่ได้ทำการตรวจวิเคราะห์หาธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำเสียจากชุมชน พบว่ามีในปริมาณน้อย ซึ่งขึ้นอยู่กับกิจกรรม และการดำรงชีวิต ในแต่ละชุมชน

ในประเทศสวีเดน จะมีปริมาณธาตุอาหารในน้ำเสียจากชุมชนน้อยเมื่อเทียบกับน้ำเสียปกติ โดยระดับของไนโตรเจนและธาตุอาหารอื่นๆที่จำเป็นต่อพืชจะมีระดับต่ำ แต่ในน้ำเสียจากชุมชนบางแห่งจะมีค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูง ซึ่งฟอสฟอรัสที่เกิดขึ้นจะมาจากน้ำซัก และน้ำล้างจาน แต่ในบางประเทศ เช่น นอเวย์ และบางประเทศในแถบเอเชียตะวันออกมีการห้ามใช้สารเคมีที่ใช้ซัก และล้างจาน ที่มีฟอสฟอรัสผสมอยู่ ซึ่งน้ำเสียจากชุมชนในนอเวย์จะมีระดับฟอสฟอรัสเพียง

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

แค่ 10-20% ของระดับที่พบโดยปกติของสวีเดน โดยค่าบีโอดีและธาตุอาหารที่พบในน้ำเสียจากชุมชนในทวีปยุโรป จะสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 ค่าบีโอดีและธาตุอาหารที่พบในน้ำเสียจากชุมชนในทวีปยุโรป

พารามิเตอร์	ความเข้มข้น (mg/L)
BOD_7	150-400
Nitrogen (N)	0.5-15
Phosphorus (P)	1-10

ที่มา : Ludwig, 1994; Jensson and Heistad, 2000; Otterpohl, 2003

2.3.5 ปริมาณและองค์ประกอบของน้ำเสียจากชุมชนในประเทศต่างๆ

ปริมาณและองค์ประกอบของน้ำเสียจากชุมชนจะแตกต่างกันตามวิถีการดำรงชีวิต เช่น ขนาดของครอบครัว อายุของผู้ที่อยู่อาศัย พฤติกรรมการรับประทานอาหาร และสารเคมีที่ใช้ โดยแหล่งกำเนิดน้ำเสียจากชุมชนที่สำคัญ ได้แก่ น้ำจากการซักผ้า จากห้องน้ำ และห้องครัว (WHO, 2006)

ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นอาจจะอยู่ในช่วง 20-30 ลิตร/คน/วัน หรือน้อยกว่าในพื้นที่ที่ยากจน (Ridderstolpe, 2004; Winblad and Simpson-Hébert, 2004) เมื่อมีการใช้ประโยชน์จากน้ำมากขึ้น น้ำเสียก็จะเกิดเพิ่มขึ้นด้วย แต่จะไม่ค่อยพบที่ใช้น้ำมากกว่า 100 ลิตร/คน/วัน ในเมืองที่กำลังพัฒนา แต่ในเมืองอุตสาหกรรมจะเกิดน้ำเสียจากชุมชนในปริมาณ 100-200 ลิตร/คน/วัน (สูงที่สุด ที่รายงานจากสหรัฐอเมริกาและแคนาดา) และในบางครั้งก็มากกว่า 200 ลิตร/คน/วัน (Crites and Tchobanoglous, 1998; Bertaglial *et al.*, 2005) ในเมืองที่พัฒนาใหม่ในแถบยุโรปจะมีการรณรงค์การใช้น้ำ โดยทำให้เกิดน้ำเสียต่อคนต่อวันน้อยกว่า 100 ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 2-4

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ตารางที่ 2-4 ตัวอย่างของการเกิดน้ำเสียจากชุมชน

สถานที่	การเกิดน้ำเสียชุมชน (ลิตร/คน/วัน)	อ้างอิง
Chaina, ecological sanitation project	80	EcoSanRes (2005b)
Belgium	85	Bertaglial et al. (2005)
Germany	35-65	Panesar and Lange (2001)
Germany; Eco-village Flintenbreite	60	Ridderstolpe (2004)
Germany, Norway and Sweden; new built house area, water conservation	< 100	Ridderstolpe (2004); Winblad and Simpson-Hébert (2004)
Norway; ecovillage	81	Kristiansen and Skaarer (1979)
Norway; Student dormistories, water conservation	112	Jenssen (2001)
Sweden; range for ecovillage	66-110	Vinnerås et al. (2006)
Sweden; proposed norm	100	Vinnerås et al. (2006)
Sweden; existing norm	150	Vinnerås et al. (2006)
Europe; northern part	110	Lens et al. (2001)
Australia; western part	112	Department of Health (2002)
USA	200	Crites and Tchobanoglous (1998); Bertaglial et al. (2005)
Developing regions	20-30	Ridderstolpe (2004); Winblad and Simpson-Hébert (2004)
Range	70-275	Otterpohl (2002)

ที่มา : WHO, 2006

น้ำเสียจากชุมชนประมาณ 50% หรือมากกว่า จะมีปริมาณสารอินทรีย์ขึ้นอยู่กับแต่ละชุมชน โดยจะสามารถวัดได้จากค่าบีโอดีและค่าซีโอดี แต่ความเข้มข้นจะเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับกิจกรรมของแต่ละครัวเรือน อย่างเช่น ในเมืองอุตสาหกรรมก็จะมีปริมาณผงซักฟอกมากกว่าปกติ โดยจะดูได้จากค่าบีโอดีในน้ำเข้า นอกจากนี้ก็ยังจะมีน้ำมันและไขมันที่เกิดจากกระบวนการทำอาหาร ค่าปริมาณสารอินทรีย์จะเป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย ถ้ามีกระบวนการแยกที่ดี สำหรับน้ำมันและไขมันก็จะสามารถนำมาผลิตไบโอดีเซล (Biodiesel) ได้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 28 ก.ย. 2555
เลขทะเบียน 246415
เลขเรียกหนังสือ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

(Zhang *et al.*, 2003) โดยไบโอแก๊สนี้จะเกิดขึ้นและเพิ่มขึ้นในกระบวนการที่ไร้ออกซิเจน ซึ่งจะยกตัวอย่างค่าความเข้มข้นของคุณภาพน้ำเสียบางพารามิเตอร์ที่ไม่ได้ผ่านการบำบัด หรือผ่านการบำบัดขั้นแรก ดังแสดงในตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2-5 ความเข้มข้นของคุณภาพน้ำเสียบางพารามิเตอร์ที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดหรือผ่านการบำบัดขั้นแรก

ประเทศ/อ้างอิง	พารามิเตอร์							
	BOD_5 mg/L	**COD mg/L**	**Suspended solids mg/L**	**Total N mg/L**	**NH_4 mg/L**	**Kjeldahl N, mg/L**	**Total P mg/L**	**Fecal coliform (log numbers /100ml)**
แคนาดา/ Brandes (1978)	149	366	162	11.5	1.7	11.3	1.4[a]	6.2
นอเวย์/ Kristiansen and Skaarer (1979)	130	341	35	19	11.5		1.3 (0.42[b])	5.1
สหรัฐอเมริกา[c]/ Siegrist and Boyle (1981)	178	456	45			15.9	4.4	6.2
สวีเดน/ Naturvårds-verket (1995)	187		107	6.7			4 (1.0[b])	
นอเวย์[c]/ Rasmussen et al. (1996)	116		39	42.2	36.1		3.97	
ออสเตรเลีย/ Department of Health (2002)	160		115		5.3	12	8	5.2
นอเวย์[c]/ Jenssen (2001)	88	277	-	8.8	3.8	4.9	1.0[b]	4-6

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ตารางที่ 2-5 ความเข้มข้นของคุณภาพน้ำเสียบางพารามิเตอร์ที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดหรือผ่านการบำบัดขั้นแรก (ต่อ)

ประเทศ/อ้างอิง	พารามิเตอร์							
	BOD_5 mg/L	COD mg/L	Suspended solids mg/L	Total N mg/L	NH_4 mg/L	Kjeldahl N, mg/L	Total P mg/L	Fecal coliform (log numbers /100ml)
เยอรมัน/Li et al. (2004)	73-142			8.7-13.1	2.5		6.8-9.2	4-6
มาเลเซีย/ Jenssen et al. (2005)	128	212	75	37	12.6	22.2	2.4	5.8

BOD_5 , ค่าบีโอดี 5 วัน

[a] ยกเว้นน้ำจากการซักผ้า

[b] ผงซักฟอกที่ไม่มีฟอสฟอรัส

[c] BOD_7 , ค่าบีโอดี 7 วัน, สำหรับประเทศสวีเดน

ที่มา : WHO, 2006

การนำน้ำเสียจากชุมชนกลับมาใช้ใหม่เพื่อการเพาะปลูก จะต้องผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพ เพื่อจะได้ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อพืชและสิ่งแวดล้อม ซึ่งสารประกอบที่อยู่ในน้ำเสียจะมีความแตกต่างกันในแต่ละสถานที่และเวลา โดยคุณสมบัติของน้ำเสียจะขึ้นอยู่กับปริมาณของสารเคมีที่ใช้ในแต่ละครัวเรือน ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำสำหรับน้ำเสียจากชุมชนที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ ดังแสดงในตารางที่ 2-6

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ตารางที่ 2-6 มาตรฐานคุณภาพน้ำและเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการนำน้ำเสียชุมชนกลับมาใช้ใหม่

สถานที่	Total coliform /100 ml	Fecal coliform	BOD_5 (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	คลอรีนตกค้าง (mg/L)	pH
น้ำที่ใช้อาบ	10,000 (m)	2000 (m)	-	-	-	6-9
มาตรฐาน [a]	500 (g)	100 (g)				
สหรัฐอเมริกา, NSF	-	< 240	45	90	-	-
สหรัฐอเมริกา, EPA	ไม่พบ	-	10	2	1	6-9
ออสเตรเลีย	< 1	< 4	20	2	-	-
รัสเซีย (BSIRA)	ไม่พบ	-	-	-	-	-
ญี่ปุ่น	< 10	< 10	10	5	-	6-9
WHO	1000 (m) 200 (g)	-	-	-	-	-
เยอรมัน	100	500	20	1-2	-	6-9

[a] มาตรฐานน้ำอาบที่เสนอให้เหมาะสมสำหรับการนำน้ำเสียจากชุมชนกลับมาใช้ใหม่

(g) guideline , (m) mandatory

* NSF = National Science Foundation

EPA = Environmental Protection Agency

BSIRA = British Scientific Instrument Research Association

ที่มา : Al-Jayyousi, 2003

2.3.6 ผลกระทบของน้ำเสียจากชุมชน

2.3.6.1 ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

การระบายน้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆ ลงสู่แหล่งน้ำ ทั้งแหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น ทำให้เกิดปัญหาน้ำเสียกระจายทั่วไปทั้งในแม่น้ำ ลำคลอง หนองบึง ฯลฯ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของระบบนิเวศน์

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการทิ้งของเสียและน้ำเสียที่ไม่ผ่านการบำบัดลงสู่แหล่งน้ำ มีดังนี้

1) ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ และเกิดการปนเปื้อนในดิน ทำให้สภาพแวดล้อมของระบบนิเวศน์ตามธรรมชาติเสื่อมโทรม

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2) เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของเชื้อโรคและแมลง ขยะมูลฝอยจำนวนมากที่ทิ้งลงสู่แหล่งน้ำเมื่อเกิดการเน่าเสียจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ในแหล่งน้ำนั้น ทั้งยังเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในบริเวณใกล้เคียง โดยเฉพาะอย่างยิ่งขยะมูลฝอยที่มีสารเคมีเป็นพิษเจือปน

3) ก่อให้เกิดเหตุรำคาญแก่ประชาชนผู้ที่อยู่ใกล้เคียงและผู้ที่พบเห็น อาทิเช่น กลิ่นเน่าเหม็น ความสกปรกที่ไม่น่าดู ทำให้สูญเสียทัศนียภาพที่สวยงาม ทั้งยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศน์ในระยะยาว

4) ทำให้คุณภาพของแหล่งน้ำลดลง โดยค่าบีโอดี หรือความต้องการออกซิเจนในทางชีวเคมีสูงเกินมาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน ค่าของความเป็นกรด-ด่างไม่ได้มาตรฐาน และค่าออกซิเจนละลายต่ำกว่ามาตรฐาน ทำให้แหล่งน้ำเกิดมลภาวะเน่าเสียได้

5) ทำให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ เช่น ต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายสำหรับการทำให้น้ำสะอาดในการผลิตน้ำประปา ทำให้น้ำที่จะใช้ในการอุปโภคบริโภคไม่ได้มาตรฐาน

จากปัญหาน้ำเสียดังกล่าว จึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียให้มีลักษณะดีขึ้นหรือสะอาดขึ้นก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ (ปรมาภรณ์ โอจงเพียร, 2546)

2.3.6.2 ผลกระทบด้านสุขภาพอนามัย

ในน้ำเสียจากชุมชนอาจเกิดการปนเปื้อนจากสิ่งต่างๆ ที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ ดังนี้

1) โลหะหนัก เช่น แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) ปรอท (Hg)

2) สารกำจัดศัตรูพืช เช่น ดีดีที (DDT) อัลดริน (Aldrin)

3) เชื้อจุลินทรีย์ เช่น Coliform bacteria, Fecal coliform และ *E.coli* ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ โดยอาจมาจากอุจจาระที่ปนเปื้อนลงสู่น้ำเสีย

สิ่งปนเปื้อนเหล่านี้อาจลงสู่น้ำเสีย และส่งผลกระทบต่อพืชและทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ดังนั้นการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ควรทำการศึกษาผลกระทบดังกล่าวก่อนนำมาใช้ประโยชน์เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม

2.3.7 ประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียจากชุมชน

ระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลแบ่งเป็น 3 ประเภท ตามการใช้พื้นที่ ดังนี้

1) ระบบที่ใช้พื้นที่น้อย ระบบบำบัดน้ำเสียกลุ่มนี้มีใช้ในเขตชุมชนแน่นหนาที่มีที่ดินจำกัดหรือราคาแพง เช่น กรุงเทพมหานคร เทศบาลเมืองพัทยา ฯลฯ ระบบบำบัดกลุ่มนี้จะควบคุมการทำงานค่อนข้างยาก และต้องใช้เทคโนโลยีในระดับกลาง-สูง ในการบำบัด ระบบที่ใช้งานมี อาทิ เช่น ระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ (Activated sludge) ระบบจานหมุนชีวภาพ (Rotating biological contactor) ฯลฯ ระบบกลุ่มนี้จะมีถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย น้ำออกจากถังตกตะกอนจะเติมคลอรีนฆ่าเชื้อโรคก่อนระบายทิ้ง ข้อดีของระบบ คือ ใช้พื้นที่น้อย เนื่องจากโรงบำบัดน้ำเสียประเภทนี้ตั้งอยู่ในเขตเมือง แนวทางการนำน้ำทิ้งมาใช้ใหม่ อาจใช้เพื่อกิจกรรมในเมือง เช่น รดน้ำ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

สวนสาธารณะ สวนหย่อม ล้างถนน ฯลฯ ถ้าจะนำไปใช้ในการเกษตรจะต้องทำระบบส่งน้ำทิ้งไปสู่พื้นที่เกษตรกรรม

2) ระบบที่ใช้พื้นที่ปานกลาง คือ ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) ประกอบด้วย บ่อดิน จำนวนไม่น้อยกว่า 2 บ่อ ต่ออนุกรมกัน บ่อแรกเรียกว่าบ่อเติมอากาศ มีการใช้เครื่องเติมอากาศแบบทุ่นลอยเติมออกซิเจนให้กับน้ำในบ่อ ในบ่อแรกจะมีแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนอาศัยอยู่ ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ส่วนบ่อที่สอง เป็นบ่อพักตะกอน (Polishing pond) เพื่อแยกตะกอนแบคทีเรียออกจากน้ำ น้ำใสที่ล้นออกมาจะเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคก่อนระบายทิ้ง ปัจจุบันมีใช้กันหลายแห่ง เช่น เทศบาลนครเชียงใหม่ เทศบาลนครราชสีมา ฯลฯ น้ำทิ้งจากระบบจะมีสีเขียวอ่อน เนื่องจากสาหร่ายในบ่อพักตะกอน ระบบเหล่านี้จะอยู่ในเขตชานเมือง ซึ่งอาจใช้น้ำทิ้งเพื่อการเกษตรกรรมได้

3) ระบบที่ใช้พื้นที่มาก คือ ระบบบ่อผึ่ง (Facultative pond) ซึ่งเป็นระบบที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ให้นโยบายว่า มีความเหมาะสมเป็นอันดับแรก เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการเดินระบบต่ำและง่ายต่อการควบคุม ระบบประกอบด้วย บ่อดินจำนวนไม่น้อยกว่า 2 บ่อ ต่ออนุกรมกัน ในบ่อจะไม่มีการใช้เครื่องจักรใดๆ จะเกิดสาหร่ายเจริญเติบโตจนเป็นสีเขียว สาหร่ายจะสังเคราะห์แสงและคายออกซิเจนให้กับแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกันในบ่อ แบคทีเรียจะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย เชื้อโรคที่มีในน้ำเสียจากชุมชนจะตายเองตามธรรมชาติ ระบบนี้จะมีน้ำทิ้งที่มีสีเขียวอ่อนถึงเขียวเข้มเพราะมีสาหร่ายปะปนออกมาด้วย ปัจจุบันมีใช้งานจำนวนมาก เช่น เทศบาลเมืองกำแพงเพชร เทศบาลเมืองพะเยา ฯลฯ พื้นที่ก่อสร้างจะอยู่ในเขตชานเมืองและอาจใช้น้ำทิ้งเพื่อการเกษตรกรรมได้ (เสนีย์ กาญจนวงศ์, 2547) นอกจากนี้ ระบบบำบัดที่เหมาะสมสำหรับการใช้พื้นที่มากก็คือระบบบึงประดิษฐ์ ดังรายงานวิจัยของ Gross และคณะ (2009) ได้ทำการศึกษาระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์แบบใหม่ ซึ่งพบว่าสามารถบำบัดค่า BOD และ 80% ของค่า COD ได้

2.3.8 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization ponds)

บ่อปรับเสถียรเป็นบ่อกักน้ำทิ้ง ที่มีความลึกของบ่อไม่มากนัก โดยรูปร่างและความลึกของบ่อขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการบำบัดน้ำทิ้ง บ่อปรับเสถียรนี้บางทีก็เรียกว่า บ่อผึ่ง (Oxidation ponds) ระบบนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในชุมชนขนาดเล็ก เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและดำเนินการต่ำ ต้องการพลังงานน้อย และไม่ต้องมีการควบคุมดูแลอย่างพิถีพิถัน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545)

2.3.8.1 การจำแนกประเภทของบ่อปรับเสถียร

การจำแนกประเภทของบ่อปรับเสถียรสามารถทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่นิยมที่สุด คือ จำแนกตามระดับออกซิเจนที่มีในบ่อ ซึ่งแบ่งได้ดังนี้ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

1) บ่อแอโรบิก (Aerobic ponds)

บ่อแอโรบิก เป็นบ่อที่มีแบคทีเรียและสาหร่ายแขวนลอยอยู่ มีออกซิเจนทั่วทั้งบ่อและมีสภาพเป็นแอโรบิกตลอดความลึก บ่อแอโรบิกได้รับออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและการเติมอากาศที่ผิวหน้า บ่อแอโรบิกนี้แบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามวัตถุประสงค์การทำงาน คือ

1.1 บ่อแอโรบิกแบบผลิตออกซิเจนให้มากที่สุด บ่อแบบนี้มีความลึกได้ถึงประมาณ 1-1.5 เมตร อาจมีการกวนเป็นระยะๆ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพดีที่สุด โดยใช้เครื่องสูบน้ำหรือเครื่องเติมอากาศแบบผิวหน้า

1.2 บ่อแอโรบิกแบบผลิตสาหร่ายให้ได้มากที่สุด หรือบ่อที่มีอัตราการทำงานสูง (High rate ponds) ใช้สาหร่ายเปลี่ยนน้ำทิ้งให้เป็นสาหร่ายมากที่สุด แล้วเก็บเกี่ยวสาหร่ายเพื่อนำโปรตีนไปใช้ บ่อแบบนี้จะมีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ต่อปริมาตรสูง ความลึกประมาณ 0.2-0.6 เมตร สิ่งที่อยู่ในบ่อต้องได้รับการกวนหนึ่งหรือสองครั้งต่อวัน เพื่อให้ตะกอนที่ตกอยู่ลอยขึ้นมา และจำเป็นต้องมีการแยกสาหร่ายออกจากน้ำทิ้งขั้นสุดท้าย

2) บ่อแฟคัลเททีฟ (Facultative ponds)

บ่อแฟคัลเททีฟ หรือบ่อแอโรบิก-แอนแอโรบิก หรือบ่อกึ่งแอโรบิก เป็นบ่อที่นิยมใช้กันมากที่สุด ที่มีชื่อเรียกเช่นนี้ เนื่องจากส่วนบนของบ่อจะอยู่ในสภาพแอโรบิก จากการเติมอากาศที่ผิวหน้า และจากปฏิกิริยาของสาหร่ายซึ่งให้ออกซิเจน ส่วนล่างของบ่อจะอยู่ในสภาพแอนแอโรบิก โดยสารอินทรีย์ที่ตกตะกอนแล้วจะถูกย่อยสลายแบบแอนแอโรบิก บ่อแฟคัลเททีฟมีความลึกประมาณ 1-2 เมตร น้ำทิ้งจะถูกกักเป็นเวลาหลายวันเพื่อให้คงตัวและไม่เป็นที่น่ารังเกียจเมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ กระบวนการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีทั้งทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ โดยสาหร่ายและแบคทีเรีย

3) บ่อเหม็นหรือบ่อแอนแอโรบิก (Anaerobic ponds)

บ่อเหม็นใช้กำจัดสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงและมีปริมาณของแข็งสูง บ่อนี้จะถูกออกแบบให้มีอัตรารับสารอินทรีย์สูงมากจนสาหร่ายและการเติมออกซิเจนที่ผิวหน้าไม่สามารถเติมออกซิเจนได้ทัน สภาพภายในบ่อจึงไม่มีออกซิเจนเหลืออยู่ สารอินทรีย์และของแข็งในน้ำเสียจะถูกย่อยสลายแบบแอนแอโรบิกภายในบ่อ น้ำใสที่ออกจากบ่อจะถูกปล่อยเข้าสู่บ่อแฟคัลเททีฟเพื่อบำบัดต่อไป ลักษณะการทำงานของบ่อเหม็นนี้เป็นเช่นเดียวกับถังย่อยสลัดจ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับสมดุลระหว่างแบคทีเรียที่สร้างกรดและแบคทีเรียที่สร้างมีเทน อุณหภูมิที่เหมาะสมของบ่อควรสูงกว่า 15 องศาเซลเซียส และค่าพีเอชต้องสูงกว่า 6 ตะกอนที่เกิดขึ้นจากบ่อจึงจะมีน้อย

4) บ่อบ่ม (Maturation ponds)

บ่อบ่มจะใช้เป็นบ่อที่รับน้ำจากบ่อแฟคัลเททีฟ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดเชื้อโรคก่อนปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ การกำจัดบีโอดีในบ่อบ่มจะเกิดขึ้นน้อย โดยสภาพภายในบ่อจะเป็นแอโรบิกทั้งหมด ปกติความลึกของบ่อบ่มจะมีค่าเท่ากับบ่อแฟคัลเททีฟที่ผ่านมาก่อนแล้ว

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ระบบบ่อปรับเสถียรที่นิยมใช้กันจะประกอบด้วยหน่วยบำบัด ดังนี้

1. บ่อแอนแอโรบิก (ส่วนใหญ่จะใช้ในกรณีที่น้ำเสียมีค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง ๆ เช่น น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม)

2. บ่อแฟคัลเททีฟ

3. บ่อแอโรบิก และ

4. บ่อบ่ม โดยต่อกันแบบอนุกรม

2.3.8.2 ข้อดีของบ่อปรับเสถียร

1. สามารถบำบัดน้ำเสียให้สะอาดขึ้นถึงระดับที่ต้องการ โดยเสียค่าใช้จ่ายทั้งในการลงทุนและการบำรุงรักษาต่ำที่สุด ไม่ต้องการบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถสูง

2. สามารถกำจัดจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้มากกวาวิธีการบำบัดแบบอื่นๆ

3. สามารถทนทานต่อการเพิ่มอย่างกะทันหันของอัตราภาระอินทรีย์และอัตราการไหลเนื่องจากเวลากักพักที่ยาวนาน

4. สามารถบำบัดน้ำทิ้งต่างๆ ได้หลายประเภท สามารถบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และจากการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่สามรถย่อยสลายทางชีวภาพได้ดี เช่น โรงงานผลิตภัณฑ์นม และโรงงานผลิตอาหาร สามารถบำบัดร่วมกับน้ำเสียชุมชนอย่างได้ผลในบ่อแฟคัลเททีฟ

5. วิธีการสร้างระบบง่ายต่อการนี่ดินกลับมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นในอนาคต

6. สาหร่ายที่ผลิตจากบ่อสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารที่มีโปรตีนสูง

2.3.8.3 ข้อเสียของบ่อปรับเสถียร

1. ต้องการพื้นที่มาก

2. ในกรณีที่ใช้บ่อหมักอาจมีกลิ่นเหม็นถ้าออกแบบหรือควบคุมไม่ดี บ่อหมักจะมีกลิ่นเป็นที่น่ารังเกียจ ถ้าต้องรับปริมาณสารอินทรีย์สูงเกินไป การควบคุมกลิ่นอาจทำได้โดยการเพิ่มค่าพีเอชของบ่อให้มีค่าประมาณ 8 ซึ่งจะทำให้ซัลไฟด์ส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นจากการรีดักชันของซัลเฟตอยู่ในรูปของไบซัลไฟด์ไอออน (HS^-) ซึ่งไม่มีกลิ่น หรือการเวียนกลับน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อแฟคัลเททีฟหรือบ่อบ่มไปยังทางเข้าบ่อหมัก

3. น้ำทิ้งจากระบบ โดยเฉพาะจากบ่อแอโรบิกอาจมีสาหร่ายปะปนอยู่

4. อาจทำให้เกิดมลพิษต่อน้ำใต้ดิน

2.3.9 การนำน้ำเสียจากชุมชนที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ประโยชน์

2.3.9.1 ข้อดีของการใช้น้ำเสียจากชุมชน

1) อนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ

ปัจจุบันภาคเกษตรกรรมเป็นผู้ใช้น้ำรายใหญ่ที่สุด แต่ถูกจัดลำดับความสำคัญต่ำกว่าการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคหรืออุตสาหกรรม ในหลายพื้นที่การใช้น้ำเพื่อการเกษตรถูกลดจำนวนลง

เนื่องจากคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตรกรรมไม่จำเป็นต้องมีคุณภาพสูงมาก การใช้น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียจากชุมชนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสม เพื่อสงวนทรัพยากรน้ำตามธรรมชาติที่มีคุณภาพสูงสำหรับกิจกรรมอื่นๆ

2) สารอาหารในน้ำ

จากการสำรวจของสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ, 2543) ในโรงบำบัดน้ำเสียจากชุมชน 19 แห่ง ช่วงฤดูแล้งปี พ.ศ. 2541 พบค่าไนโตรเจนในน้ำเสียในช่วง 1-13 มิลลิกรัมต่อลิตร (ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 2-5 มิลลิกรัมต่อลิตร) และพบค่าฟอสฟอรัสในช่วง 0.1-10 มิลลิกรัมต่อลิตร (ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.5-1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสนี้เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นของพืช ดังนั้น ถ้าใช้น้ำเหล่านี้เพาะปลูกจะลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ แต่จะลดมาก-น้อยเพียงใดขึ้นกับค่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียแต่ละพื้นที่ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันหรือในกรณีที่มีการใช้น้ำเสียร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามปกติ ผลผลิตที่ได้ก็ไม่มีผลเสียแต่อย่างใด

3) ความสม่ำเสมอของปริมาณน้ำ

เนื่องจากประชาชนใช้น้ำประปาและระบายน้ำเสียออกมาทุกวัน ดังนั้น น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียจึงมีความสม่ำเสมอในเชิงปริมาณ และปริมาณน้ำเสียมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรในเขตเทศบาล การใช้น้ำเสียเพาะปลูกพืชจึงลดความเสี่ยงของการขาดน้ำได้ โดยเฉพาะพืชที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง เช่น ผักสวนครัว ฯลฯ (เสนีย์ กาญจนวงศ์, 2547)

2.3.9.2 ข้อจำกัดของการใช้น้ำเสียจากชุมชน

1) ปริมาณน้ำ

ในระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กบางแห่งน้ำเสียมีปริมาณน้อย จึงครอบคลุมพื้นที่การเกษตรได้ค่อนข้างจำกัด ตัวอย่างเช่น การปลูกผักคะน้า ต้องการน้ำประมาณ 13 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อวัน ถ้าระบบบำบัดน้ำเสียมีน้ำเสียวันละ 3,000 ลูกบาศก์ต่อวัน จะมีพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งเพียง 230 ไร่ แต่ในฤดูฝนอาจขยายพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มเติมได้มากกว่านี้

2) ช่วงเวลาการใช้น้ำ

ในบางช่วงเวลาของปีมีฝนตกมากพอเพียงอยู่แล้ว เกษตรกรไม่ต้องการน้ำเสียเพื่อการเพาะปลูก แต่มีน้ำระบายออกจากโรงบำบัดน้ำเสียตลอดเวลา ในเวลาดังกล่าวจะต้องระบายน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำไปก่อน ระบบบำบัดน้ำเสียจึงควรมีท่อระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำด้วย เพื่อใช้ในช่วงเวลาที่ไม่ต้องการใช้น้ำเสียในการเกษตรกรรม

3) ระบบส่งน้ำ

ระบบบำบัดน้ำเสียบางแห่งแม้จะมีน้ำเสียปริมาณมาก แต่ที่ตั้งโรงบำบัดน้ำเสียอยู่ห่างไกลจากพื้นที่การเกษตร จึงต้องลงทุนก่อสร้างระบบสูบและท่อหรือคลองส่งน้ำเพิ่มเติม อาทิเช่น ระบบบำบัดน้ำเสียของกรุงเทพมหานครหรือเมืองพัทยา เป็นต้น สำหรับโรงบำบัดน้ำเสียที่ตั้งอยู่ใกล้พื้นที่

การเกษตร บางแห่งก็อาจต้องมีการลงทุนวางท่อไปยังระบบชลประทานที่มีอยู่ ซึ่งต้องมีการลงทุนเพิ่มเติม รวมทั้งค่าดำเนินงานด้วย เนื่องจากเดิมระบบบำบัดน้ำเสียออกแบบไว้ให้ทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติเพียงอย่างเดียว

4) การยอมรับของเกษตรกรและเจ้าหน้าที่ของรัฐที่เกี่ยวข้อง

ประเด็นนี้แม้จะมีผลงานวิจัยที่ยืนยันว่า ไม่เกิดการปนเปื้อนต่อผลผลิตและสิ่งแวดล้อม (ดินและน้ำใต้ดิน) และไม่เกิดผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่เกษตรกรและเจ้าหน้าที่ของรัฐบางแห่ง ก็อาจจะยังลังเลใจที่จะใช้หรือส่งเสริมการใช้น้ำเสีย (เสนีย์ กาญจนวงศ์, 2547)

2.3.9.3 ข้อพิจารณาในการส่งเสริมการใช้น้ำเสียจากชุมชน

1) ชนิดพืช

จากผลการสำรวจความคิดเห็นของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบการผลิตทางการเกษตร (เจ้าหน้าที่เกษตร เกษตรกร ผู้รับซื้อผลผลิต รวมทั้งประชาชนทั่วไป ซึ่งเป็นผู้บริโภค) พบว่า พืชที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกโดยใช้น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียจากชุมชนและได้รับการยอมรับจากตลาด เรียงตามลำดับ ได้แก่ ดอกไม้ ข้าว ไม้ผล และพืชผักประเภทใบ ดังนั้นการเพาะปลูกไม้ดอกไม้ประดับ พืชไร่ (เช่น ข้าว ข้าวโพด อ้อย ฯลฯ) ไม้ผล และผักที่ต้องผ่านการปรุงให้สุก จึงมีความเหมาะสมที่สุด โดยไม่มีปัญหาในเรื่องความวิตกกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยของผู้ผลิตและผู้บริโภค รวมทั้งไม่มีปัญหาในเรื่องการยอมรับผลผลิตของตลาด (ทั้งตลาดผู้รับซื้อและตลาดผู้บริโภค)

2) ความปลอดภัยในการใช้น้ำเสีย

แม้ผลการทดลองของโครงการวิจัยฯ ยังไม่พบการสะสมของโลหะหนัก หนอนพยาธิ และแบคทีเรีย ที่เป็นอันตราย ในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม และยังไม่พบปัญหาที่เกิดจากการสัมผัสน้ำเสียเป็นระยะเวลานานๆ แต่เพื่อความปลอดภัย เกษตรกรควรปฏิบัติตามคำแนะนำเรื่องป้องกันตนเองในการปฏิบัติงาน

3) คุณภาพน้ำเสีย

ในกรณีเขตเทศบาลมีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่เป็นจำนวนมาก แม้ว่าจะมีระเบียบให้โรงงานอุตสาหกรรมต้องบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงท่อระบายน้ำของเทศบาล ซึ่งจะระบายไปโรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลต่อไป บางครั้งโรงงานอุตสาหกรรมอาจไม่บำบัดน้ำเสียอย่างถูกต้อง จึงควรสำรวจโลหะหนักหรือสารมลพิษอื่นๆ ในน้ำเสียก่อนเพื่อความปลอดภัย ในบางกรณีอาจไม่ควรใช้น้ำเสียจากชุมชนดังกล่าวในการเกษตรกรรม

4) ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ในการส่งน้ำเสียไปสู่พื้นที่เพาะปลูกมีต้นทุนที่แปรผันขึ้นกับพื้นที่ตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น ระยะทางส่งน้ำ ความยากง่ายในการนำน้ำเสียเข้าสู่พื้นที่เพาะปลูก ความพร้อมของเกษตรกร

ความต้องการน้ำของเกษตรกร ค่าก่อสร้าง และค่าดำเนินการส่งน้ำ ฯลฯ ในกรณีที่มีต้นทุนสูงไม่คุ้มค่ากับการเพิ่มผลผลิต ก็อาจไม่เหมาะสมที่จะใช้น้ำเสียในการเกษตรกรรมสำหรับพื้นที่ดังกล่าว

5) การรับรองคุณภาพผลผลิต

วิธีการที่ทำให้เกิดการยอมรับผลผลิต คือ การรับรองคุณภาพผลผลิตจากหน่วยงานที่ประชาชนให้ความเชื่อถือ ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น กรมวิชาการเกษตร สำนักงานสาธารณสุขจังหวัด ฯลฯ จะต้องให้การสนับสนุนเกษตรกรผู้ผลิต โดยการตรวจสอบคุณภาพเพื่อสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้บริโภคเกี่ยวกับความปลอดภัยของผลผลิต (เสนีย์ กาญจนวงศ์, 2547)

2.3.9.4 ข้อปฏิบัติในการใช้น้ำเสียจากชุมชนของเกษตรกร

เพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยของเกษตรกรและผู้ที่เกี่ยวข้อง ควรปฏิบัติตน ดังนี้ (เสนีย์ กาญจนวงศ์, 2547)

1. สวมถุงมือยางที่เหมาะสมทุกครั้งที่ปฏิบัติงานในภาคสนาม เช่น รดน้ำผักถอนหญ้า เป็นต้น

2. ใส่ร่องเท้าบูทยางในกรณีที่ต้องเดินในนาข้าวที่มีน้ำขัง เพื่อป้องกันการสัมผัสกับน้ำหรือเปียกน้ำ

3. ล้างมือ ล้างเท้า หรืออาบน้ำทุกครั้ง และเปลี่ยนเสื้อผ้า หลังทำงานเสร็จหรือก่อนรับประทานอาหาร

4. เกษตรกรควรตรวจเลือดและตรวจร่างกายกับแพทย์อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง การตรวจเลือดและปัสสาวะควรพิจารณาถึงการตรวจที่บ่งชี้ปัจจัยเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการสัมผัสน้ำ ดังนี้

- ตรวจเลือดดูการติดเชื้อโรคตับอักเสบ โรคฉี่หนู ตรวจการสัมผัสสารเคมีกำจัดแมลง
- ตรวจเลือดและปัสสาวะเพื่อดูความสมบูรณ์แข็งแรงของร่างกาย ประกอบด้วยการตรวจเม็ดเลือด (CBC) ตรวจการทำงานของตับ และการทำงานของไต ตรวจปัสสาวะดูการทำงานของไต ตรวจปอดด้วยการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซเรย์

5. หากรู้สึกมีความผิดปกติเกิดขึ้น ให้รีบไปปรึกษาแพทย์ทันที

2.4 การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่

การนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณน้ำที่ใช้ ซึ่งแนวคิดนี้เกิดขึ้นเนื่องจากปริมาณน้ำที่ใช้มีจำกัดและไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งก่อนที่จะนำน้ำกลับมาใช้ใหม่นั้น ควรมีการตรวจสอบสภาพการใช้น้ำในปัจจุบัน และวางแผนการใช้น้ำให้ประหยัดและเหมาะสมที่สุด โดยเริ่มต้นจากการสำรวจปริมาณน้ำที่ใช้และคุณภาพน้ำที่ใช้แล้ว ซึ่งน้ำเสียที่นำกลับมาใช้ใหม่นั้นไม่จำเป็นต้องมีคุณภาพดีเท่ากับน้ำประปาหรือน้ำที่ยังไม่ได้ใช้ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้การบำบัดขั้นสูง เพียงแค่บำบัดให้ได้ตามคุณภาพและวัตถุประสงค์ที่จะนำไปใช้ในขั้นตอนอื่นๆ โดยต้องคำนึงถึงความประหยัดและเหมาะสม โดยภาพรวมทั้งหมด เช่น การใช้พลังงาน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในส่วนอื่นๆที่

อาจเกิดขึ้นจากการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เป็นต้น (ปรมาภรณ์ โอจงเพียร, 2546) ซึ่งในงานวิจัยของ Ahmed และคณะ (2009) ได้ทำการศึกษาและแนะนำว่า น้ำเสียจากชุมชนจะต้องผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ก่อนที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์

ปัจจุบันประเทศต่างๆ ได้ให้ความสนใจในการนำน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียทั้งจากชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรม กลับมาใช้ประโยชน์อีกครั้งทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยสามารถนำมาใช้ในกิจกรรมต่างๆ เช่น ใช้ในการบริการของเทศบาล ใช้ในการเกษตร อุตสาหกรรม การพักผ่อนหย่อนใจ และสามารถใช้เติมลงในแหล่งน้ำใต้ดินได้ หรืออาจนำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต การล้างพื้นภายในโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ในชักโครก ซึ่งจะเห็นว่าน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายกิจกรรมขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการนำไปใช้ประโยชน์ โดยจะยกตัวอย่างกิจกรรมการหมุนเวียนน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ ดังแสดงในตารางที่ 2-7 (ปรมาภรณ์ โอจงเพียร, 2546)

2.4.1 การใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภค

ได้แก่ การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและสัมผัสกับชีวิตประจำวันของมนุษย์โดยตรง ที่ไม่ใช่เพื่อการบริโภค เช่น

1) ใช้ในระบบชักโครก

2) ใช้ในระบบดับเพลิง

3) ใช้ในการทำความสะอาดพื้น หรือล้างรถ

2.4.2 การใช้ประโยชน์ด้านอุตสาหกรรม

1) ใช้เป็นน้ำชดเชยของระบบหล่อเย็น

2) ใช้เป็นน้ำเลี้ยงสำหรับหม้อไอน้ำ

3) ใช้ในการทำความสะอาด หรือชะล้าง

2.4.3 การใช้ประโยชน์สำหรับการเติมแหล่งน้ำใต้ดิน

ได้แก่ การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ประโยชน์ในการเติมน้ำบาดาล โดยมีวัตถุประสงค์ คือ

1) เพื่อช่วยชะลอการลดลงของระดับน้ำใต้ดิน

2) เพื่อป้องกันการแทรกตัวของน้ำเค็มในชั้นหินอุ้มน้ำ

3) เพื่อควบคุมการทรุดตัวของดิน

2.4.4 การใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร

เป็นการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ในการชลประทานเพื่อการเพาะปลูก เช่น การเพาะปลูกพืชสวนครัว หรือพืชเศรษฐกิจ (ปรมาภรณ์ โอจงเพียร, 2546) ดังรายงานวิจัยของ Al Salem and Abouzaid (2006) ที่ได้มีการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูก

น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนจะประกอบด้วยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นจึงสามารถนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรได้ ซึ่งนอกจากจะสวมารถลดปัญหาปริมาณน้ำเสียได้แล้ว ยังสามารถแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการชลประทานในฤดูแล้งได้อีกด้วย อีกทั้งยังสามารถประหยัดปริมาณการใช้ปุ๋ยในการเกษตรลงได้ ซึ่งในหลายประเทศทั่วโลกได้มีการนำแนวทางดังกล่าวมาใช้ปฏิบัติบ้างแล้ว (ปรมาภรณ์ โอจงเพียร, 2546) และพบว่าสามารถนำมาใช้ในการเพาะปลูกได้ (Faruqui and Al-Jayyousi, 2002; Finley *et al.*, 2009; Jackson *et al.*, 2009; Salukazana *et al.*, 2009)

ตารางที่ 2-7 การใช้ประโยชน์ทางตรงและทางอ้อมจากน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว

การนำมาใช้	ใช้โดยตรง (Direction)	ใช้โดยอ้อม (Indirection)
เทศบาล (Municipal)	- สวนสาธารณะหรือใช้ในสนามกอล์ฟ - รดน้ำสนามหญ้าโดยใช้ระบบที่แยกต่างหาก - เป็นแหล่งน้ำสำรองของเทศบาล	ใช้เติมลงในแหล่งน้ำใต้ดินเพื่อลดการสูญเสียน้ำที่มากเกิน
ด้านอุตสาหกรรม (Industrial)	- ใช้เป็นน้ำหล่อเย็น - ใช้เติมหม้อน้ำ - ใช้ในกระบวนการที่มีน้ำเกี่ยวข้อง	ใช้เติมลงในแหล่งน้ำใต้ดินสำหรับใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม
ด้านเกษตรกรรม (Agriculture)	- ส่งไปยังพื้นที่การเกษตรกรรมเพื่อปลูกพืชไร่ สวนผลไม้ ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ และป่าไม้ - ใช้ชะล้างดิน	ใช้เติมลงในแหล่งน้ำใต้ดินสำหรับใช้น้ำการเกษตรที่มากเกิน
ด้านการพักผ่อนหย่อนใจ (Recreational)	- ใช้สร้างทะเลสาบสำหรับแล่นเรือ ว่ายน้ำ เป็นต้น - ใช้สร้างสระว่ายน้ำ	พัฒนาพื้นที่เลี้ยงสัตว์น้ำและนกน้ำ
ด้านอื่นๆ	- ใช้เติมลงในดินเพื่อควบคุมการทะลักของน้ำเค็ม - ใช้รักษาระดับความสมดุลของเกลือในน้ำใต้ดิน - ใช้ในการอัดขยะ	- ใช้เติมลงในแหล่งน้ำ เพื่อควบคุมดินที่เกิดปัญหา - ใช้สกัดกั้นบ่อน้ำมัน - ใช้อัดดินให้แน่น

ที่มา : Metcalf and Eddy Borton, 1972

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่ สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายทาง แต่ก็ยังมีข้อจำกัดที่ต้องพิจารณาด้วย เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย และสิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจสรุปได้ ดังแสดงในตารางที่ 2-8

ตารางที่ 2-8 การใช้ประโยชน์และข้อจำกัดในการใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว

การใช้ประโยชน์	ข้อจำกัด
1. ชลประทานเพื่อการเกษตร - การปลูกพืช - แปลงเพาะชำเพื่อการค้า	- น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินอาจเกิดมลพิษได้ ถ้าไม่มีการจัดการที่ดี - ด้านการตลาด การยอมรับผลผลิตของประชาชน - ผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ โดยเฉพาะความเค็ม - สุขภาพของประชาชน เป็นเรื่องที่จะต้องให้ความสนใจโดยเฉพาะเรื่องเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส และพยาธิ - การควบคุมพื้นที่ที่มีการใช้น้ำเสียรวมทั้งการทำแนวกั้น (Buffer zone) อาจเป็นผลให้ต้นทุนของผู้ใช้สูง
2. ชลประทานเพื่อภูมิทัศน์ - สวนสาธารณะ - สนามหญ้าในโรงเรียน - สวนสาธารณะริมทาง - สนามกอล์ฟ - ป่าช้า - รั้วสีเขียว - พื้นที่อยู่อาศัย	
3. ด้านอุตสาหกรรม - ใช้ทำความเย็น (Cooling) - ใช้เติมหม้อน้ำ (Boiler feed) - ใช้ในกระบวนการที่มีน้ำเกี่ยวข้อง - Heavy construction	สิ่งสำคัญที่ต้องสนใจ คือ - การตกตะกอน การกัดกร่อน การเติบโตของสิ่งมีชีวิตและความสกปรก - ด้านสุขอนามัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อโรคที่ฟุ้งกระจายในอากาศ
4. การเติมลงในแหล่งน้ำใต้ดิน - ใช้เติมลงในน้ำใต้ดิน - ใช้ควบคุมความเค็มของน้ำ - ใช้ควบคุมการลดระดับน้ำ	ต้องคำนึงถึงผลกระทบจากคุณสมบัติทางเคมีและความเป็นพิษ เช่น ของแข็ง ไนเตรท และสิ่งที่ทำให้เกิดโรคหรือเชื้อโรคชนิดต่างๆ
5. ใช้ในด้านการพักผ่อนหย่อนใจ/สิ่งแวดล้อม - ทะเลสาบ และสระน้ำ - เพิ่มอัตราการไหลของน้ำ - ตกปลา	ต้องคำนึงถึงด้านสุขอนามัย เช่น แบคทีเรีย ไวรัส รวมทั้งความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ตารางที่ 2-8 แสดงการใช้ประโยชน์และข้อจำกัดในการใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว (ต่อ)

การใช้ประโยชน์	ข้อจำกัด
6. การใช้น้ำเพื่ออุปโภค - ใช้ดับเพลิง - ใช้ทำความเย็น (Air condition) - ใช้ในห้องส้วม	ต้องคำนึงถึงด้านสุขอนามัย เช่น การฟุ้งกระจายของเชื้อโรคในอากาศ และผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ การกัดกร่อน การเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต และตะไคร่น้ำ
7. การใช้น้ำเพื่อการบริโภค - ใช้เติมในแหล่งน้ำสำรอง - อ่างเก็บน้ำ - น้ำประปา	ต้องคำนึงถึง - องค์ประกอบในน้ำเสียที่บำบัดแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบขององค์ประกอบทางเคมีและความเป็นพิษ - ความงดงามและการยอมรับของสาธารณชน - ด้านสุขอนามัย เกี่ยวกับการเกิดโรคติดต่อ โดยเฉพาะเชื้อไวรัส

ที่มา : George and Franklin, 1991

2.5 การประเมินความเสี่ยง

การประเมินความเสี่ยง (Risk assessment) เป็นวิธีการหนึ่งที่องค์การอนามัยโลก หรือ WHO และโครงการมาตรฐานอาหาร FAO/WHO ซึ่งเป็นหน่วยงานที่กำหนดมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ หรือมาตรฐานโคเด็กซ์ (Codex) ได้เลือกมาเป็นวิถีทางที่ใช้ในการลดความเสี่ยงจากอันตรายที่พบอยู่ในอาหารทั้ง 3 ด้าน คือ อันตรายด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านชีวภาพ โดยเฉพาะความเสี่ยงที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และสารพิษ อีกทั้งยังเป็นวิธีการที่นำมาใช้เพื่อให้ได้ข้อมูลประกอบการตัดสินข้อพิพาททางการค้าที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของอาหาร ในระดับนานาประเทศอีกด้วย (สถาบันอาหาร, 2009)

2.5.1 ความหมายของการประเมินความเสี่ยง

การประเมินความเสี่ยง หมายถึง กระบวนการประเมินโอกาสที่จะเกิดความเป็นพิษต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ เช่น การบาดเจ็บ การเจ็บป่วยหรือตาย ที่เกิดขึ้นจากการได้รับสารพิษ สารเคมี หรือเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ผลที่ได้จากการประเมินความเสี่ยง นับเป็นข้อมูลสำคัญที่ผู้บริหารความเสี่ยงซึ่งหมายถึงภาครัฐจะนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจก่อนที่จะดำเนินการ หรือออกมาตรการควบคุมต่างๆ เพื่อลดการปนเปื้อนของสารเคมี สารพิษทั้งในน้ำ อากาศ ดิน และลดสารพิษ สารเคมี เชื้อโรคที่ปนเปื้อนอยู่ในอาหาร ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย เพื่อเป็นการคุ้มครองสุขภาพ และความปลอดภัยของผู้บริโภคในประเทศ (สถาบันอาหาร, 2009)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2.5.2 ขั้นตอนของการประเมินความเสี่ยง

ตามแนวทางขององค์การอนามัยโลก และองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ หรือ WHO/FAO การประเมินความเสี่ยงประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การแสดงถึงความเป็นอันตราย (Hazard identification) หมายถึง การระบุอันตราย ซึ่งอาจปรากฏอยู่ในอาหารบางชนิดหรือบางกลุ่ม

2) การอธิบายลักษณะของอันตราย (Hazard characterization) หมายถึง การอธิบายลักษณะของผลเสียต่อสุขภาพในเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณ หรือทั้งสองอย่าง เนื่องจากอันตรายประเภทต่างๆ ที่อาจพบในอาหาร ควรให้มีการประเมินการตอบสนองต่อปริมาณการได้รับของอันตรายจากสารเคมี ส่วนอันตรายจากวัสดุกายภาพ หรือเชื้อจุลินทรีย์ ควรประเมินการตอบสนองต่อปริมาณการได้รับเมื่อมีข้อมูลเพียงพอ

3) การประเมินการได้รับสัมผัส (Exposure assessment) หมายถึง การประเมินในเชิงคุณภาพและ/หรือเชิงปริมาณของอันตรายที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายจากอาหาร รวมทั้งการได้รับสัมผัสจากแหล่งอื่นๆ ถ้าเกี่ยวข้อง

4) การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk characterization) หมายถึง การคาดคะเนโอกาสเกิดและความรุนแรงของผลกระทบที่จะเกิดต่อสุขภาพในประชากรกลุ่มใดๆ ทั้งในเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณ รวมทั้งความไม่แน่นอนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้จากการระบุอันตราย การแสดงลักษณะเฉพาะของอันตราย และการประเมินการได้รับสัมผัส

2.5.3 การประเมินความเสี่ยงจากจุลินทรีย์

2.5.3.1 การแสดงถึงความเป็นอันตราย (Hazard identification)

วัตถุประสงค์ของการระบุอันตรายของจุลินทรีย์ คือ เพื่อระบุชนิดจุลินทรีย์หรือสารพิษจากจุลินทรีย์ในอาหาร การระบุอันตรายเป็นกระบวนการในเชิงคุณภาพ โดยอาจระบุอันตรายต่างๆ ได้จากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น เอกสารทางวิทยาศาสตร์ ฐานข้อมูลของอุตสาหกรรมอาหาร หน่วยงานของรัฐบาล หรือองค์การระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น ทั้งนี้รวมถึงข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และข้อมูลที่รวบรวมได้จากสาขาอื่น เช่น การศึกษาทางคลินิก (Clinical study) การศึกษาในเชิงระบาดวิทยาและการเฝ้าระวัง (Epidemiological study and surveillance) การศึกษาในสัตว์ทดลอง การสืบค้นลักษณะเฉพาะของจุลินทรีย์ ความสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์และสภาวะแวดล้อมของจุลินทรีย์นั้นตลอดห่วงโซ่อาหาร ตั้งแต่การผลิตขั้นต้นจนถึงการบริโภค และการศึกษาเกี่ยวกับจุลินทรีย์และสถานการณ์หรือเงื่อนไขที่คล้ายคลึงกัน

2.5.3.2 การอธิบายลักษณะของอันตราย (Hazard characterization)

ขั้นตอนนี้เป็นการให้คำอธิบายในเชิงคุณภาพหรือปริมาณของความรุนแรง และระยะเวลาของผลเสียที่อาจเกิดจากการรับประทานจุลินทรีย์หรือสารพิษจากจุลินทรีย์ที่มีในอาหาร ทั้งนี้หากมีข้อมูลเพียงพอควรมีการประเมินการตอบสนองต่อปริมาณการได้รับ

ปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในเรื่องของการแสดงลักษณะเฉพาะของอันตราย คือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์และผู้รับเชื้อ ซึ่งมีหลายประการ ดังนี้

1) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ที่สำคัญ ได้แก่

- จุลินทรีย์สามารถเพิ่มจำนวนได้
- ความรุนแรงและความสามารถในการทำให้เกิดโรคของจุลินทรีย์ อาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับรูปแบบปฏิสัมพันธ์ของจุลินทรีย์กับผู้รับเชื้อ และสภาพสิ่งแวดล้อม
- สารพันธุกรรมสามารถถ่ายทอดระหว่างจุลินทรีย์ด้วยกันทำให้เกิดการถ่ายทอดลักษณะ เช่น การดื้อยาต้านจุลชีพ และปัจจัยที่ทำให้เกิดความรุนแรงของโรค (Virulence factor)
- จุลินทรีย์สามารถแพร่กระจายได้และทำให้เกิดการแพร่กระจายขั้นทุติยภูมิและตติยภูมิ
- การแสดงอาการป่วย อาจทิ้งระยะได้นานมากหลังสัมผัสเชื้อ
- จุลินทรีย์สามารถคงอยู่ในผู้ป่วยได้นานทำให้มีแนวโน้มการแพร่กระจายเชื้อและมีความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดการแพร่ระบาดของเชื้อได้
- จุลินทรีย์บางชนิดสามารถก่อให้เกิดผลรุนแรงได้แม้ว่ามีจำนวนเพียงเล็กน้อย
- จุลินทรีย์บางชนิดอาจมีการเพิ่มปริมาณได้ในผู้รับเชื้อภายหลังการบริโภคอาหารที่มีเชื้อเข้าไป
- ลักษณะของอาหารบางชนิด เช่น อาหารที่มีปริมาณไขมันสูง ที่อาจทำให้ความสามารถในการก่อโรคของจุลินทรีย์เปลี่ยนไป
- อาจมีจุลินทรีย์ชนิดใหม่หรือสายพันธุ์ใหม่ที่ปนเปื้อนมาในอาหารนำเข้า

2) ปัจจัยสำคัญที่ควรคำนึงถึงสำหรับผู้รับเชื้อ ได้แก่

- ปัจจัยทางพันธุกรรม เช่น ชนิดของแอนติเจนบนเซลล์เม็ดเลือดขาว (Human leucocyte antigen) ของผู้รับเชื้อ
- ความไวต่อการติดเชื้อที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากกลไกป้องกันโรคทางสรีรวิทยาของผู้รับเชื้อถูกทำลายหรือบกพร่อง
- ลักษณะเฉพาะต่อความไวต่อการติดเชื้อของแต่ละบุคคล เช่น อายุ การตั้งครรภ์ โภชนาการ สุขภาพ และสถานภาพของการรักษา การติดเชื้อแทรกซ้อน สถานภาพของภูมิต้านทานและประวัติที่เคยได้รับเชื้อมาก่อน
- ลักษณะของประชากร เช่น ภูมิคุ้มกันของประชากร การเข้าถึงหรือการใช้บริการทางการแพทย์ และการคงอยู่ของเชื้อในประชากร

เป้าหมายของการแสดงลักษณะเฉพาะของอันตราย คือ การกำหนดความสัมพันธ์ของการตอบสนองต่อปริมาณการได้รับ ในการกำหนดความสัมพันธ์ดังกล่าว ควรพิจารณาความแตกต่าง

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ของผลกระทบ เช่น การติดเชื้อหรือการป่วย ในกรณีที่ไม่ทราบความสัมพันธ์ของการตอบสนองต่อปริมาณการได้รับ ควรเลือกใช้เครื่องมือในการประเมินความเสี่ยง เช่น การอาศัยผู้เชี่ยวชาญช่วยพิจารณาปัจจัยต่างๆ เช่น การติดเชื้อ เพื่อสามารถอธิบายการแสดงลักษณะเฉพาะของอันตรายได้ นอกจากนั้นผู้เชี่ยวชาญอาจใช้ระบบการจัดลำดับในการแยกลักษณะของความรุนแรง และ/หรือ ระยะเวลาของการเกิดโรค

2.5.3.3 การประเมินการได้รับสัมผัส (Exposure assessment)

การประเมินการได้รับสัมผัสจากจุลินทรีย์ จะรวมถึงการประเมินระดับจุลินทรีย์ที่มนุษย์ได้รับจริง หรือที่คาดว่าจะได้รับ การประเมินการได้รับสัมผัสอาจพิจารณาจากความเป็นไปได้จากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ หรือสารพิษจากจุลินทรีย์นั้น ร่วมกับข้อมูลการบริโภค การประเมินการได้รับสัมผัสควรระบุหน่วยของอาหารที่พิจารณาด้วย เช่น ขนาดหรือปริมาณของอาหารที่ก่อให้เกิดอาการป่วยอย่างเฉียบพลันกับผู้บริโภคทุกรายหรือส่วนใหญ่

ปัจจัยที่ต้องพิจารณาในการประเมินการได้รับสัมผัสมีหลายประการ รวมถึงความถี่ของการปนเปื้อนในอาหาร โดยจุลินทรีย์ก่อโรคและระดับของเชื้อในอาหารเมื่อเวลาผ่านไป ปัจจัยเหล่านี้ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของจุลินทรีย์ สิ่งแวดล้อมของจุลินทรีย์ในอาหาร การปนเปื้อนของจุลินทรีย์เริ่มต้นในวัตถุดิบ รวมถึงความแตกต่างในแต่ละพื้นที่และฤดูกาลในการผลิต ระดับของสุขลักษณะและการควบคุมกระบวนการผลิต วิธีที่ใช้ในการแปรรูป การบรรจุ การจัดจำหน่าย และการเก็บรักษาอาหาร รวมทั้งขั้นตอนการเตรียมอาหารเพื่อบริโภค เช่น การทำให้สุกและการเก็บรักษา รูปแบบการบริโภคนับเป็นปัจจัยอีกประการที่ต้องพิจารณา ทั้งนี้ปัจจัยนี้เกี่ยวข้องกับพื้นฐานทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม เชื้อชาติ ฤดูกาล ความแตกต่างของอายุประชากรในแต่ละพื้นที่ ความแตกต่างของพื้นที่ พฤติกรรมและความชอบของผู้บริโภค นอกจากนี้ควรพิจารณาถึงปัจจัยอื่นๆ ที่เชื่อมโยงด้วย เช่น บทบาทของผู้ปฏิบัติต่ออาหารที่อาจเป็นสาเหตุการปนเปื้อน จำนวนครั้งของการสัมผัสอาหารด้วยมือ หรือผลกระทบจากการที่อาหารอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ และเวลา

ปริมาณของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคสามารถเปลี่ยนแปลงได้เสมอ เช่น จุลินทรีย์ในอาหารอาจมีระดับต่ำ เนื่องจากมีการควบคุมเวลาและอุณหภูมิให้เหมาะสมระหว่างการแปรรูปอาหาร แต่ต่อมาอาจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วได้หากสภาวะเปลี่ยนแปลง เช่น เมื่อเก็บรักษาอาหารไว้ที่อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม หรือเกิดการปนเปื้อนข้ามจากอาหารอื่น ดังนั้นการประเมินการได้รับสัมผัสควรระบุรายละเอียด ขั้นตอนตั้งแต่การผลิตจนถึงการบริโภค บางครั้งอาจเลือกใช้สถานการณ์จำลองเพื่อทำนายขอบเขตความเป็นไปได้ของการได้รับสัมผัสเมื่อผ่านสถานการณ์ต่างๆ เช่น การออกแบบการผลิตอย่างถูกสุขลักษณะ การทำความสะอาดและฆ่าเชื้อ รวมทั้งเวลาหรืออุณหภูมิ และสภาวะต่างๆ ของอาหารที่ได้รับ การปฏิบัติต่ออาหาร และรูปแบบการบริโภค การควบคุมตามกฎระเบียบและระบบการเฝ้าระวัง

การประเมินการได้รับสัมผัสจากจุลินทรีย์ เป็นการประมาณระดับของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค หรือสารพิษจากจุลินทรีย์ และแนวโน้มที่จะปรากฏในอาหาร ณ เวลาที่บริโภค โดยมีระดับของความไม่แน่นอนที่แตกต่างกัน ในเชิงคุณภาพสามารถแบ่งประเภทอาหารว่ามีความเป็นไปได้ในการเกิดหรือไม่เกิดการปนเปื้อนตั้งแต่เริ่มต้น ได้จากลักษณะของอาหารเอง โดยพิจารณาจาก

(1) ลักษณะอาหารที่สนับสนุนการเจริญของจุลินทรีย์ที่พิจารณา

(2) แนวโน้มที่จะเกิดการปฏิบัติต่ออาหารอย่างไม่ถูกต้อง หรือ

(3) อาหารนั้นจะผ่านกระบวนการให้ความร้อนหรือไม่

กระบวนการแปรรูปและการบรรจุ สภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษา รวมถึงอุณหภูมิในการเก็บรักษาความชื้นสัมพัทธ์ ส่วนประกอบของก๊าซในสภาพแวดล้อม และปัจจัยอื่น เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณความชื้น หรือวอเตอร์แอกติวิตี (Water activity) ปริมาณสารอาหาร ปริมาณสารต้านจุลชีพ และปริมาณจุลินทรีย์คู่แข่ง เป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการคงอยู่ การเจริญ การอยู่รอด หรือการตายของจุลินทรีย์ และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคในอาหาร ดังนั้นสามารถใช้ข้อมูลเหล่านี้ประกอบในการทำนายปริมาณจุลินทรีย์ (Predictive microbiology) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการประเมินการได้รับสัมผัส

2.5.3.4 การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk characterization)

การแสดงลักษณะเฉพาะของความเสี่ยง แสดงถึงการนำการระบุอันตราย การแสดงลักษณะเฉพาะของอันตราย และการประเมินการได้รับสัมผัสมาพิจารณาร่วมกันเพื่อให้ได้การประมาณความเสี่ยง ทั้งนี้การประมาณดังกล่าวสามารถให้ค่าประมาณในเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณของโอกาสและความรุนแรงของผลเสียที่อาจเกิดขึ้นในกลุ่มประชากรที่ได้รับ รวมถึงคำอธิบายของความไม่แน่นอนที่เกี่ยวข้องกับการประมาณค่า ซึ่งการประมาณค่านี้สามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบข้อมูลทางระบาดวิทยาที่เกี่ยวข้องกับโรคที่เกิดขึ้น

การแสดงลักษณะเฉพาะของความเสี่ยงเป็นการนำข้อมูลในเชิงคุณภาพและปริมาณในขั้นตอนก่อนหน้านี้มาประมาณค่าความเสี่ยงที่มีต่อกลุ่มประชากรเป้าหมาย การแสดงลักษณะเฉพาะของความเสี่ยงขึ้นอยู่กับข้อมูลที่หาได้และการตัดสินของผู้เชี่ยวชาญ หลักฐานที่ได้จากการรวมข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเข้าด้วยกันอาจมีน้ำหนักที่ใช้ได้เฉพาะสำหรับการประมาณค่าของความเสี่ยงในเชิงคุณภาพเท่านั้น

ระดับความเชื่อมั่นในการประมาณค่าความเสี่ยงในขั้นสุดท้าย ขึ้นอยู่กับความแปรปรวน ความไม่แน่นอนและข้อสมมุติฐานที่ระบุในทุกขั้นตอนก่อนหน้านี้ การแสดงให้เห็นความแตกต่างของความไม่แน่นอนและความแปรปรวน มีความสำคัญต่อการเลือกมาตรการจัดการความเสี่ยง ความไม่แน่นอนเกี่ยวข้องกับทั้งข้อมูลเองและการเลือกแบบจำลอง ความไม่แน่นอนของข้อมูลยังรวมถึงสิ่งที่อาจเกิดขึ้นในการประเมินผลและการทำนายข้อมูลที่ได้รับจากการศึกษาทางระบาดวิทยา ทางจุลชีววิทยา และการศึกษาในสัตว์ทดลองความไม่แน่นอนเกิดขึ้นเมื่อมีความพยายามที่จะ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ใช้ข้อมูลเกี่ยวกับปรากฏการณ์หนึ่ง ที่เกิดขึ้นภายใต้สภาวะหนึ่งในการประมาณค่า หรือการทำนายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่มีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นภายใต้สภาวะอื่นซึ่งไม่มีข้อมูล ในขณะที่ความแปรปรวนจะรวมถึงความแตกต่างของความรุนแรงของประชากรจุลินทรีย์ และความไวต่อการติดเชื้อของประชากรมนุษย์โดยรวมและประชาชนกลุ่มย่อยที่จำเพาะ เป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของการประมาณค่าและสมมุติฐาน ที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยง ซึ่งในการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณทำได้โดยใช้การวิเคราะห์ความไวต่อตัวแปรและการวิเคราะห์ความไม่แน่นอน (มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2550)

2.5.4 การประเมินความเสี่ยงจากสารเคมี

2.5.4.1 การแสดงถึงความเป็นอันตราย (Hazard identification)

ขั้นตอนนี้เป็นการประมวลและศึกษาข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ทั้งหมดในเวลานั้นเพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในเบื้องต้นเพื่อหาว่าสารเคมีนั้น ๆ จะเป็นสาเหตุให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพในหมู่ประชากรหรือไม่ ตัวอย่างเช่น การสัมผัสกับสารเคมีชนิดหนึ่งจะทำให้เกิดมะเร็งหรือไม่ ทำให้เกิดอันตรายต่อระบบประสาทหรือระบบภูมิคุ้มกันหรือไม่ จะมีผลต่อระบบสืบพันธุ์หรือก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพด้านอื่น ๆ หรือไม่ ทั้งนี้ถ้ามีข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลข้างเคียงต่อสุขภาพก็ควรทำการประเมินความเสี่ยงใหม่

ข้อมูลที่ควรนำมาพิจารณา ได้แก่

- คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของสารเคมี
- วิถีทางและรูปแบบของการได้รับสารเข้าสู่ร่างกาย
- ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างทางเคมีกับการเกิดพิษของสารเคมี
- การเกิดเมตาบอลิซึมและเภสัชจลนศาสตร์ของสารเคมี
- การศึกษาในสัตว์ทดลอง ได้แก่ การทดสอบความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน แบบกึ่งเรื้อรัง และแบบเรื้อรัง รวมถึงการทดสอบความเป็นพิษลักษณะพิเศษ เช่น พิษต่อตัวอ่อน พิษต่อระบบสืบพันธุ์ พิษต่อสารพันธุกรรม พิษต่อระบบประสาทและพฤติกรรม และพิษต่อระบบภูมิคุ้มกัน เป็นต้น
- การศึกษาในมนุษย์ ได้แก่ การศึกษาระบาดวิทยาเชิงพรรณนาและเชิงวิเคราะห์
- การประมวลและวิเคราะห์ผลจากการศึกษาที่เป็นอิสระต่อกัน โดยประสิทธิภาพจะขึ้นกับ กระบวนการทำ (Procedure) และเกณฑ์การคัดเลือก (Criteria) ในการคัดเลือกงานวิจัย รวมถึงความครอบคลุมของงานวิจัยและการให้น้ำหนักแก่งานวิจัย

2.5.4.2 การอธิบายลักษณะของอันตราย (Hazard characterization)

ขั้นตอนนี้ทำเพื่อระบุความสัมพันธ์ทางปริมาณระหว่างปริมาณสารเคมีที่ได้รับกับการบาดเจ็บหรือก่อให้เกิดโรค สารเคมีส่วนใหญ่สามารถก่อให้เกิดอันตรายได้เมื่อบริโภคในปริมาณมากพอ ตัวอย่างเช่น ยาสลบถ้าได้รับในระดับต่ำๆ อาจก่อให้เกิดอาการปวดศีรษะ แต่ใช้เป็น

ประโยชน์ในทางการแพทย์เมื่อใช้ในระดับสูง และถ้าใช้ในปริมาณสูงมากเกินไปก็อาจทำให้ถึงตายได้ ดังนั้นการหาความเสี่ยงของสารเคมีด้วยความเชื่อมั่นจะทำไม่ได้เลยถ้าไม่ทราบความสัมพันธ์ของปริมาณการสัมผัสสารเคมีกับการตอบสนอง ซึ่งในขั้นตอนนี้มีความจำเป็นต้องมีการอนุมานผลจากการศึกษามาเป็นผลที่ใกล้เคียงสภาพความเป็นจริงในประชากรมากที่สุด

2.5.4.3 การประเมินการได้รับสัมผัส (Exposure assessment)

ขั้นตอนนี้พยายามที่จะระบุธรรมชาติและขนาดของประชากรที่สัมผัสกับสารเคมี การประเมินการสัมผัสอาจเกี่ยวข้องกับการสัมผัสในอดีต ปัจจุบัน หรืออนาคตขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษา องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องในการประเมินการสัมผัส ประกอบด้วย

- วิถีทางการเข้าสู่ร่างกายของสารเคมี เช่น ทางปาก ผิวหนัง หรือการสูดดม เป็นต้น
- ตัวกลางที่นำพาสารเคมี เช่น น้ำ หรือไขมัน เป็นต้น
- ความเข้มข้นของสารเคมีที่เข้าสู่ร่างกาย
- ความถี่และระยะเวลาที่ได้รับสารเคมี
- ลักษณะกลุ่มประชากรที่ได้/รับสัมผัส

นอกจากนี้ยังมีความซับซ้อนที่อาจเกิดขึ้นได้ในขั้นตอนนี้ ได้แก่ การได้รับหรือสัมผัสสารเคมีชนิดหนึ่งจากหลายทาง และการได้รับสารเคมีหลายชนิดในเวลาเดียวกันซึ่งอาจเกิดปฏิกิริยาต่อกันระหว่างสารเคมี เป็นต้น

2.5.4.4 การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk characterization)

เป็นการสรุปผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพโดยการรวมข้อมูลต่างๆ ที่พบจาก 3 ขั้นตอนแรกลงในรูปภาพที่รวมเป็นภาพเดียวกันของผลร้ายที่เกิดต่อสุขภาพของประชากรที่สัมผัสสารเคมีให้ออกมาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งมีลักษณะตามความเป็นพิษของสารเคมี

การอธิบายความเสี่ยงควรแสดงพร้อมกับสมมติฐาน ความไม่แน่นอน รวมถึงมีการวิจารณ์ถึงข้อดีและข้อจำกัดของการประเมินความเสี่ยง และต้องแปรผลของข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่จะสามารถทราบได้ว่าสารเคมีนั้นๆ มีอันตรายต่อสุขภาพมากน้อยเพียงใด

การประเมินความเสี่ยงของสารเคมีที่เป็นพิษต่อสุขภาพเป็นข้อมูลที่ช่วยในการตัดสินใจของผู้บริหารในการดำเนินการป้องกันหรือลดความเสี่ยงของสารเคมีต่อสุขภาพของประชาชน โดยใช้มาตรการต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการกำหนดมาตรฐาน กลวิธีในการกำกับดูแล รวมถึงคำแนะนำต่างๆ ให้แก่ผู้ประกอบการและผู้บริโภคด้วย (สุภาพร โค้วนฤมิตร, 2551)

2.5.5 ประโยชน์ของการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ

1) ใช้ค้นหาความเสี่ยงจากสิ่งอันตรายซึ่งมนุษย์ต้องสัมผัส
2) ใช้ประเมินผลกระทบของผู้บริโภคจากการเปลี่ยนแปลงระบบการผลิต
3) ใช้ประเมินความพอเพียงของการใช้เครื่องป้องกันอันตราย
4) ใช้กำหนด/พัฒนาแนวทางหรือมาตรฐานการป้องกันเพื่อลดความเสี่ยงต่างๆ

5) ใช้ประยุกต์เพื่อค้นหาหรือสร้างองค์ความรู้ใหม่ หรือแนวทางใหม่ เพื่อลดความไม่แน่นอน หรือความแปรปรวนที่อาจเกิดขึ้นมีผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์

6) ใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการวางแผนปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อม และด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ (พิพัฒน์ ลักษมีจรัลกุล, 2550)

2.6 ลักษณะอันตรายของคุณสมบัติที่สำคัญ

2.6.1 อันตรายของคุณสมบัติทางกายภาพ

อันตรายที่อาจเกิดจากคุณสมบัติของน้ำเสียทางด้านกายภาพ มีดังนี้ (พรลดา ศรีประพัติ, 2552)

2.6.1.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

เป็นค่าที่แสดงปริมาณหรือความเข้มของไฮโดรเจนไอออนในน้ำ สภาพเป็นกรด - ด่างในน้ำทิ้งควรอยู่ในช่วง 5-9 ซึ่งเป็นดัชนีที่วัดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำทางปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น และการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ รวมถึงคุณสมบัติในการกัดกร่อนของน้ำด้วยแต่ไม่ได้บ่งบอกความเป็นพิษต่อร่างกาย

2.6.1.2 อุณหภูมิ (Temperature)

เป็นสิ่งที่แสดงความเข้มของความร้อน ซึ่งอุณหภูมิมีผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำโดยมีผลกระทบ โดยตรงต่ออัตราการเติบโตของพืชน้ำและจุลินทรีย์รวมทั้งสัตว์น้ำต่าง ๆ

2.6.1.3 ความขุ่น (Turbidity)

เกิดจากการที่ในน้ำมีสารที่ไม่ละลายน้ำขนาดเล็กแขวนลอยซึ่งเป็นไปได้ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ถ้ามีค่าความขุ่นปริมาณมาก มีผลกระทบต่อการนำไปใช้อุปโภคบริโภค เช่นในระบบการกรองทำให้เครื่องอุดตันและเสียเร็ว และมีผลต่อการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน และรวมถึงทำให้การสังเคราะห์แสงของพืชในน้ำเป็นไปได้ไม่เต็มที่ ทำให้ออกซิเจนในน้ำมีน้อยและมีผลต่อการมองเห็นของสัตว์น้ำ

2.6.1.4 ค่านำไฟฟ้า (Conductivity)

เป็นค่าที่บอกถึงความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ถ้าค่านำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นก็แสดงว่าสารที่แตกตัวได้ในน้ำมีมาก แต่ถ้าค่านำไฟฟ้าต่ำก็แสดงว่าสารที่แตกตัวได้ในน้ำมีน้อย ซึ่งเป็นตัวชี้วัดของสารอนินทรีย์ละลายที่อยู่ในน้ำได้

2.6.2 อันตรายของคุณสมบัติทางเคมี

2.6.2.1 ไขมันและน้ำมัน (Grease and oil)

ได้แก่ น้ำมันจากพืชและสัตว์ ไขมันสัตว์ และน้ำมันแร่ต่างๆ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการทะลุของแสงแดดลงสู่ลำน้ำ การสังเคราะห์แสงและกีดขวางการกระจายของออกซิเจนลงสู่น้ำ เคลือบเหงือกของปลาทำให้ปลาไม่สามารถรับออกซิเจนจากน้ำและตายในที่สุด

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2.6.2.2 ของแข็ง (Solid)

ประกอบด้วยของแข็งแขวนลอย โดยตะกอนจะจมตัวได้ และของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้ จะทำให้น้ำมีความขุ่นสูง มีความสกปรกมากขึ้น และเมื่อตะกอนจมตัวลงสู่ก้นน้ำ จะทำให้น้ำเกิดสภาพที่ไม่มีอากาศ ไร้ออกซิเจนในท้องน้ำ ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน มีผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ และการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตในน้ำ

2.6.2.3 ธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน (Total nitrogen) และฟอสฟอรัส (Total phosphorus)

ธาตุอาหารได้แก่ เกลือของสารประกอบพวกไนโตรเจนและฟอสเฟต (NH_4^+, NO_2^-, NO_3^- และ PO_4^{3-}) เมื่อมีปริมาณสูงและเป็นสัดส่วนที่เหมาะสม จะทำให้เกิดการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็วของสาหร่ายและพืชน้ำสีเขียว หรือเรียกว่า ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น (Eutrophication) หรือ แอลจีบลูม (Algae bloom) ทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลงในช่วงกลางคืน และเกิดทำให้เกิดการเน่าเสียของน้ำ เนื่องจากเกิดตายของสาหร่าย มีผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำ กีดขวางการจราจรทางน้ำ ด้านชลประทาน และการผลิตน้ำประปา

2.6.2.4 สารอินทรีย์ ได้แก่ ออกซิเจนละลาย (Dissolved oxygen), บีโอดี (Biochemical oxygen demand) และซีโอดี (Chemical oxygen demand)

สำหรับดัชนีคุณภาพน้ำที่บ่งถึงความสกปรกของน้ำในรูปสารอินทรีย์ และการใช้ออกซิเจนละลายในน้ำที่ใช้กันโดยทั่วไปมีหลายชนิด แต่ที่ใช้กันมากคือ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen, DO) ค่าบีโอดี (Biochemical oxygen demand, BOD) ค่าซีโอดี (Chemical oxygen demand, COD) ทั้งหมดไม่ได้แสดงถึงปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำโดยตรงแต่เป็นการแสดงค่าที่สามารถเชื่อมโยงหรือคาดการณ์ปริมาณเปรียบเทียบของสารอินทรีย์ในน้ำได้ ผลกระทบของสารอินทรีย์ก่อให้เกิดปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง ซึ่งมีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และเป็นสาเหตุของการเกิดปัญหาต่อระบบนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำ เช่นเกิดน้ำเน่าเสีย และมีกลิ่นเหม็น (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545)

2.6.2.5 โพแตสเซียม (Total potassium)

ผลของการได้รับโพแตสเซียมมากเกินไป จะพบน้อย เพราะไตสามารถควบคุมระดับได้ดี ดังนั้นสภาวะนี้อาจเกิดขึ้นเมื่อมีความผิดปกติในการทำงานของไต หรือได้รับโพแตสเซียมทางเส้นเลือดในอัตราเร็วเกินไป ซึ่งมีผลทำให้ระดับโพแตสเซียมในเลือดมาก (Hyperkalemia) ซึ่งมักจะเป็นพร้อมกับเมื่อไตล้มเหลว มีอาการผิดปกติในการรับความรู้สึกทางผิวหนังเช่น เป็นแผลไหม้ คันระคายเคืองของหนังหุ้มศีรษะ หน้า ลิ้น กล้ามเนื้ออ่อนเพลีย การทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจผิดปกติ

2.6.2.6 สารกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ กลุ่มออร์แกโนคลอรีน (Organochlorine group)

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนหลายชนิดที่เราคุ้นเคยกันดี เช่น อัลดริน (Aldrin) คลอเดน (Chlordane) ดีดีที (DDT) ดีลดริน (Dieldrin) เอนโดซัลแฟน (Endosulfan) เอ็นดริน (Endrin) และลินเดน (Lindane) บางชนิดได้ยกเลิกการใช้งานมาหลายปีแล้ว เนื่องจากเป็น

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

สารเคมีที่สลายตัวได้ยากในสิ่งแวดล้อม และอาจสะสมอยู่ในร่างกายมนุษย์ เช่น สะสมในเนื้อเยื่อที่เป็นไขมัน เช่น Aldrin และ Endrin เป็นต้น มีสารเคมีในกลุ่มนี้บางชนิดที่ยังมีใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เช่น Lindane, Endosulfan และอีกหลายชนิดที่นักวิทยาศาสตร์ได้สังเคราะห์ขึ้นมาใช้ใหม่

ลักษณะการเกิดพิษ

โดยทั่วไปเกิดจากการหายใจหรือสัมผัส สารพิษจะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย และจะมีผลต่อสุขภาพ เช่น ระบบทางเดินหายใจ และสมอง เป็นต้น สารเคมีกำจัดศัตรูพืชบางชนิดเมื่อผสมกับตัวทำละลาย เช่น น้ำมันก๊าด น้ำมันเบนซิน อาจทำให้เกิดอาการปอดบวมหากกลืนกินสารพิษ อาการแสดงจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิด ปริมาณ และระยะเวลาที่ได้รับสารพิษนั้นๆ เช่น Aldrin, Dieldrin, Endrin และ Endosulfan จะมีพิษและอันตรายมากกว่า Chlordane, DDT และ Lindane เป็นต้น เกษตรกรมักได้รับพิษจากการไม่ชำระร่างกายหลังพ่นสารเคมี หรือใช้มือคนสารเคมี เป็นต้น แชมพูยาสระผมบางชนิดที่มี Lindane เป็นสารออกฤทธิ์อาจเกิดพิษขึ้นได้ในกลุ่มเด็กนักเรียนถ้าใช้มากเกินขนาดหรือใช้บ่อยครั้ง นอกจากนี้ยังเคยมีรายงานการเกิดพิษในเด็ก เนื่องจากกินแตงโมที่ปนเปื้อนสารดีดีที โดยไม่ได้ล้างผลแตงโมก่อนรับประทาน

คุณสมบัติของสารกำจัดศัตรูพืช

1) มีความคงทนสูง สารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มนี้ที่สำคัญ ส่วนใหญ่จะถูกทำลายจากระบบของสิ่งมีชีวิต หรือถูกทำลายได้ในสิ่งแวดล้อมอย่างช้าๆ และแม้จะถูกเปลี่ยนแปลงก็ยังคงได้อนุพันธ์ที่มีความเป็นพิษ และยังมีความคงทนสูง

2) ละลายในไขมันได้ดี คือ มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวในตัวทำละลายไขมันเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำสูง สารดังกล่าวจะสามารถสะสมในสิ่งมีชีวิตในระดับสูงกว่าที่พบในสิ่งแวดล้อมทั่วๆไป และปริมาณการสะสมจะสามารถเพิ่มขึ้นตามวงจรลูกโซ่อาหาร การที่สารมีการสะสมเช่นนี้จะทำให้สามารถแพร่กระจายไปในสิ่งแวดล้อมได้มากขึ้น และมนุษย์ก็มีความเสี่ยงต่อพิษของสารสูงขึ้น

อันตรายของสารกำจัดศัตรูพืชต่อสุขภาพอนามัย

โดยทั่วไปผู้ที่ได้รับพิษจะเริ่มมีอาการหลังจาก 1-6 ชั่วโมง รายที่ได้รับพิษจากดีดีทีอาการอาจจะแสดงช้าถึง 48 ชั่วโมง

- จากการกลืนกิน จะมีอาการอาเจียน ปวดท้องและท้องร่วง กระวนกระวาย ตื่นเต้นและอ่อนเปลี้ย คลื่นไส้ วิงเวียน ปวดศีรษะ ตัวสั่น ชัก หมดสติ หายใจเร็ว ตัวเขียว อาจมีอาการของปอดบวมแทรกซ้อนถ้าสารพิษปนเปื้อนด้วยน้ำมันก๊าด

- จากการหายใจ จะรู้สึกปวดแสบปวดร้อนบริเวณนัยน์ตา จมูก ลำคอ กระสับกระส่าย ตื่นเต้น อ่อนแรง วิงเวียนศีรษะ ตัวสั่นและชักหมดสติ หากสารพิษเข้าตาจะรู้สึกระคายเคืองดวงตา

- จากการสัมผัส จะระคายเคืองบริเวณผิวหนัง และอาจมีผื่นขึ้นบริเวณที่ถูกสัมผัส อาการอื่นๆ คล้ายกับอาการที่เกิดจากการหายใจ (ประพันธ์ เชิดชูงาม, 2552)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

อันตรายของสารกำจัดศัตรูพืชต่อสิ่งแวดล้อม

1) เกิดพิษต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในดิน

สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในดิน จะทำให้เกิดกิจกรรมการหายใจทางชีวภาพ (Biological respiration activity) ในดินถึง 90% โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกสัตว์ขาข้อที่มีขนาดเล็ก และไส้เดือนดิน มีหน้าที่สำคัญในการทำให้ซากพืชง่ายต่อการย่อยสลายของแบคทีเรียและเชื้อรา มีรายงานว่า สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกนโนคลอรีน เช่น ไอโซเบนซีน (Isobenzan) ในขนาดเพียง 2ปอนด์/เอเคอร์ จะฆ่าสิ่งมีชีวิตพวกสัตว์ขาข้อขนาดเล็กเหล่านี้ได้อย่างมากมาย จนทำให้เศษซากพืชซึ่งไม่ถูกย่อยสลายเกาะกันแน่นเป็นแผ่นอยู่ตามพื้นผิวดิน เป็นเหตุทำให้ดินซึ่งอยู่ภายใต้แผ่นซากพืชมีลักษณะแน่น ไม่เป็นรูพรุน และผลกระทบดังกล่าวจะคงอยู่เป็นเวลานานถึง 3 ปี

2) เกิดพิษต่อปลาและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในน้ำชนิดต่างๆ

- ผลต่อแพลงตอนพืช (Phytoplankton) พบว่าสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้หลายชนิด เช่น ลินเดน เอนด์รินและไมเรกซ์ ในขนาด 1 ppm จะมีผลในการหยุดยั้งการเจริญเติบโต และการหายใจของแพลงตอนพืชหลายชนิดในทะเลได้ ในขณะที่ดีดีทีและลินเดน ในขนาด 2 ppm ไม่มีพิษต่อแพลงตอนพืชชนิดไมโครซิสติส (Microcystis), ไซลินโดรสเปอร์มุม (Cylindrospermum), ซีนเดสมุส (Scenedesmus), กอมฟีโอนีมา (Gomphionema), นิดส์เซีย (Nitzschia) และ คลอเรลลา (Chlorella)

ผลกระทบอีกอย่างหนึ่งต่อแพลงตอนพืช คือ สารกำจัดศัตรูพืชหลายชนิด สามารถทำให้เกิดการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเกินปกติ ซึ่งการเพิ่มจำนวนเหล่านี้อาจมากจนทำให้เกิดมลพิษขึ้นในคลอง หนอง บึงต่างๆ

- เกิดพิษต่อปลา สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้จะมีพิษต่อปลาสูงมาก ส่วนใหญ่มีค่าพิษเฉียบพลัน LC_{50} ในช่วงเวลาต่างๆ อยู่ในเกณฑ์ต่ำขนาดเป็นส่วนในพันล้านส่วน มีรายงานรวบรวมลักษณะความเป็นพิษเฉียบพลันของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้ เนื่องจากจะมีพิษร้ายแรงต่อสัตว์น้ำแล้ว ยังคงทนสลายตัวได้ยาก ดังนั้นแม้จะมีในปริมาณที่ต่ำ ก็อาจก่อพิษต่อสัตว์น้ำหลังจากระยะเวลาหนึ่งได้ นอกจากนี้สารพิษเหล่านี้ยังสามารถสะสมอยู่ในไข่ปลา ซึ่งเป็นเหตุให้ตัวอ่อนที่จะฟักจากไข่นั้นเสียชีวิตด้วย

3) เกิดพิษต่อนก

มักจะเกิดขึ้นจากการที่นกกินอาหารที่ปนเปื้อนด้วยสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้ เช่น หนอนที่สะสมสารกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น การตายของนกมักเกิดขึ้นจากพิษของดีดีทีต่อสมองส่วนกลาง ซึ่งระดับความเป็นพิษจะขึ้นอยู่กับนกแต่ละชนิด ในบางกรณีนกอาจมีการสะสมสารเหล่านี้ไว้ในร่างกาย ถ้าเกิดภาวะอดอาหาร หรือภาวะที่ต้องการใช้พลังงานสูง ซึ่งร่างกายจำเป็นต้องนำไขมันที่สะสมไว้มาใช้ จะทำให้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้ซึ่งเคยถูกสะสมไว้ในไขมันเคลื่อนย้ายมาอยู่ในกระแสโลหิต และเข้าสู่ฟอสโฟไลปิด (Phospholipid) ในระบบประสาท ซึ่งอาจมีผลทำให้นก

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

เสียชีวิตได้ นอกจากนี้ สารเมตาบอไลท์ (Metabolite) ของดีดีทีบางชนิด มีผลทำให้เปลือกไข่บางลง เป็นเหตุให้เปลือกไข่แตกทำให้ลูกนกเสียชีวิต

4) เกิดพิษต่อสัตว์อื่นๆ

สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ ประเภทกบและคางคกในระยะที่เป็นลูกอ๊อด จะมีความไวต่อพิษน้อยกว่าสัตว์น้ำ เช่น ปลา แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อได้รับพิษจากดีดีที จะมีอาการว่ายน้ำไม่ตรงทาง ทำให้ศัตรูจับกินเป็นอาหารได้ง่าย

5) ทำลายคุณภาพสิ่งแวดล้อม

ปัญหาการปะปนของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้ในสิ่งแวดล้อม เป็นผลทำให้คุณภาพสิ่งแวดล้อมเสื่อมลงนั้น นับว่าเป็นปัญหาที่ค่อนข้างสำคัญ เนื่องจากมีคุณสมบัติความคงทนสูง และสามารถสะสมในเนื้อเยื่อไขมันได้ จึงทำให้ปัญหานี้ขยายวงกว้าง และมีผลกระทบถึงคุณภาพสินค้าส่งออกของประเทศไทยนอกเหนือจากปัญหาการทำลายคุณภาพสิ่งแวดล้อม ข้อมูลการสะสมของสารกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมภาคต่างๆ เช่น สะสมในอาหารและผลผลิตทางการเกษตร สะสมในแหล่งน้ำ และสะสมในสัตว์น้ำชนิดต่างๆ (พาลาภ สิงหเสนี, 2537)

2.6.3 อันตรายของคุณสมบัติทางโลหะหนัก

2.6.3.1 สารหนู (Arsenic, As)

สารหนูเป็นธาตุกึ่งโลหะ เป็นสารที่มีลักษณะเป็นผงโลหะสีเทา มีมากเป็นอันดับที่ 20 ของธาตุที่พบมากบนโลก โดยจะพบในสิ่งที่มีชีวิตพืชและสัตว์ ตลอดจนพบธรรมชาติ ได้แก่ ในพื้นดิน ทะเล มหาสมุทรและแหล่งน้ำต่างๆ สารหนูในแหล่งน้ำธรรมชาติมาจากการระเบิดของภูเขาไฟ, การเผาถ่านหิน, การถลุงแร่ การใช้สารกำจัดศัตรูพืชและสารหนู ซึ่งองค์ประกอบของดิน หิน ตามธรรมชาติ นอกจากนี้สารหนูยังออกมาสู่บรรยากาศโลกจากอุตสาหกรรมบางประเภทที่มีการใช้สารชนิดนี้ เช่น การอบไม้ การผลิตสี และการผลิตสารกำจัดศัตรูพืช

สารหนูที่พบในธรรมชาติมี 2 แบบ คือ สารหนูอินทรีย์ (Organic) และสารหนูอนินทรีย์ (Inorganic) ซึ่งสารหนูในรูปแบบที่กล่าวได้ว่าเป็นพิษคือ สารหนูอนินทรีย์ จะมีพิษร้ายแรงกว่าธาตุสารหนูบริสุทธิ์ (As หรือสารหนูอินทรีย์ สารหนูอนินทรีย์ส่วนใหญ่พบในแหล่งโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้สารหนูและแหล่งที่มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืช ตลอดจนในบริเวณถลุงแร่)

<u>แหล่งที่มาของสารหนู</u>

สารหนูเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ และด้วยฝีมือมนุษย์ ดังนี้

1) ในธรรมชาติ เกิดจากการชะล้างของหินและแร่ที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบ เช่น อาร์ซีโนโพไรท์ ทำให้พบสารหนูทั่วไปในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในดินพบได้ตั้งแต่ 0.1-40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และอาจพบได้ตามแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น ทะเลสาบ แม่น้ำ น้ำบ่อ น้ำพุ

2) กิจกรรมของมนุษย์ ทำให้สารหนูในสิ่งแวดล้อมเพิ่มปริมาณขึ้น เช่น การทำเหมืองแร่ การถลุงโลหะ การใช้ปุ๋ยและสารฆ่าแมลงในการเกษตร สารหนูยังถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการ

ผลิตสารกำจัดศัตรูพืช สารฆ่าแมลง สารฆ่าวัชพืช น้ำยาถนอมเนื้อไม้ บางครั้งมีการนำมาผสมในอาหารสัตว์ ในยาคนและยาสัตว์

การเข้าสู่ร่างกายของสารหนู

สารหนูสามารถเข้าสู่ร่างกายคนเราได้โดยการสัมผัสผิวหนัง, การหายใจ และการรับประทานอาหารและน้ำดื่มที่มีการปนเปื้อนของสารหนู โดยส่วนใหญ่แล้วสารหนูเข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคอาหารแล้วจะดูดซึมผ่านทางเดินอาหารมากกว่าวิธีอื่น สารหนูนี้เมื่อถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายจะถูกขจัดออกจากร่างกายอย่างรวดเร็ว มีงานศึกษาวิจัยพบว่า ประมาณ 80-90% ของสารหนูที่เข้าสู่ร่างกายนั้นจะถูกขจัดออกจากร่างกายทางปัสสาวะภายใน 2 วัน

อันตรายของสารหนู

- อาการพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity) สารหนูทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่ออวัยวะที่สัมผัสกับสารหนู และอาจทำให้คลื่นไส้ อาเจียน เป็นตะคริว กล้ามเนื้อเกร็ง อาการแทรกซ้อนเกี่ยวกับการทำงานของหัวใจ และเสียชีวิตจากการทำงานล้มเหลวของหัวใจ

- อาการพิษเรื้อรัง (Chronic toxicity) เกิดจากการได้รับสารหนูติดต่อกันเป็นเวลานาน สารนี้จะทำให้เกิดแผลเป็น หรือเป็นรูที่ช่องจมูก ผิวหนังหนาขึ้น มีรอยด่างดำที่ผิวหนัง อาจมีเส้นสีขาวบนเล็บ นอกจากนี้สารนี้ยังทำให้เกิดอาการชาตามปลายมือปลายเท้า มีความรู้สึกแสบร้อน มีอาการอ่อนเพลียของแขนขา และอาจเป็นมะเร็งผิงหนังและปอด รวมทั้งมีผลต่อทารกในครรภ์ และมีฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์

ปริมาณสารหนูที่คนกินแล้วเป็นพิษ ถึงขั้นเสียชีวิตนั้นอยู่ในช่วง 1.5 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (Arsenic triocidde) ถึง 500 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (Diethy1 arsenic acid) (คลังปัญญาไทย, 2552)

2.6.3.2 ปรอท (Mercury, Hg)

สารปรอทเป็นโลหะหนักชนิดหนึ่งที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ สามารถระเหยกลายเป็นไอได้ง่าย แขวนลอยอยู่ในอากาศได้เป็นเวลานาน และสามารถตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้นาน ปรอทจึงเป็นสารที่มีอันตรายมาก

แหล่งที่มาของปรอท

1) ในธรรมชาติ โดยจะพบในก๊าซธรรมชาติ ที่อยู่ในรูปของไอปรอท และปะปนมากับก๊าซธรรมชาติจากแหล่งกักเก็บปิโตรเลียม ไอปรอทที่พบในก๊าซธรรมชาติมีอยู่ 2 รูป คือ อยู่ในรูปของธาตุปรอท และสารประกอบของปรอท โดยสารประกอบของปรอทที่พบในก๊าซธรรมชาติส่วนมาก ได้แก่ ไดเมทธิลเมอร์คิวรี (Dimethylmercury) และ ไดเอทธิลเมอร์คิวรี (Diethylmercury)

2) จากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น จากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ และสีย้อมผ้า

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

การเข้าสู่ร่างกายของปรอท ปรอทสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ

1) ทางปาก โดยสูดเอาผง หรือไอปรอทเข้าสู่ปอด เนื่องจากปรอทสามารถระเหยกลายเป็นไอได้ง่าย

2) ทางปาก โดยการรับประทานเข้าไป มักเกิดจากอุบัติเหตุปะปนกับอาหารหรือน้ำดื่ม

3) ทางผิวหนัง โดยการดูดซึม ไอระเหยหรือฝุ่นละอองของปรอททำให้ผิวหนังระคายเคือง เกิดโรคผิวหนังได้

อันตรายของปรอท

1) แบบเฉียบพลัน คือ กระหายน้ำ การรับรสเปลี่ยนไป ปัสสาวะน้อยลง น้ำลายออกมากกว่าปกติ แผลในปาก ความดันโลหิตต่ำ บวมภายในลำคอ และทำให้เกิดภาวะหายใจลำบาย ปวดท้องอย่างรุนแรง อาเจียน ถ่ายเหลวมีเลือดปน นอนไม่หลับ กระวนกระวาย

2) แบบเรื้อรัง คือ อาการเมื่อได้รับพิษทีละน้อย สะสมจนทำให้ร่างกายมีอาการซีด โลหิตจาง ปากเป็นแผล อักเสบเรื้อรัง มีเส้นสีน้ำเงินที่ขอบเหงือก เหงือกบวม และเลือดออกง่าย ฟันโยก มือสั่น น้ำลายออกมาก การรับรสเปลี่ยนไป มีอาการผิดปกติทางสมอง ระบบทางเดินอาหาร และระบบเลือด ซึ่งจะทราบผลได้เมื่อแพทย์สั่งตรวจระดับสารปรอทในร่างกาย

ทั้งนี้ผู้ป่วยควรเป็นผู้ให้ข้อมูลกับแพทย์ก่อนว่า ตนเองสงสัยว่าจะได้รับพิษจากปรอท อาการพิษจากสารปรอททำให้เกิดปัญหาที่รุนแรงในหญิงตั้งครรภ์และในเด็กเล็ก ทำลายระบบประสาทของเด็ก ทำให้กลายเป็นเด็กปัญญาอ่อน ความสามารถในการเรียนรู้ลดลง เกิดอาการชัก ตาบอด และหูหนวก ซึ่งพยาธิสภาพเหล่านี้เมื่อเกิดขึ้นแล้วจะเป็นแบบถาวร ไม่สามารถรักษาให้กลับมาดีได้เหมือนเดิม

เมื่อ พ.ศ. 2499 ตรวจพบโรคที่เกิดจากพิษของสารปรอทในประเทศญี่ปุ่นที่เรียกว่า โรคมินามาตะ (Minamata diseases) เกิดจากคนรับประทานอาหารจำพวกปลาและหอยจากอ่าวมินามาตะ ซึ่งมีสารปรอทเจือปนอยู่ เนื่องจากโรงงานผลิตพลาสติกแห่งหนึ่งปล่อยน้ำทิ้งที่มีสารเมธิลเมอคิวรีลงสู่อ่าวเป็นเวลาหลายปี ส่งผลให้มีผู้ป่วยมากกว่า 3,000 คน พวกเขามีอาการชาตามมือ เท้า แขน ขา และริมฝีปาก จากนั้นจะเริ่มมีอาการหงุดหงิด กระวนกระวาย พูดไม่ชัด ฟังไม่ได้ยิน กล้ามเนื้ออ่อนแรง ควบคุมตัวเองไม่ได้ และเป็นอัมพาตในที่สุด (ณรงค์ศักดิ์ อังคะสุวพลา และคณะ, 2552)

2.6.3.3 ตะกั่ว (Lead, Pb)

ตะกั่วเป็นโลหะชนิดหนึ่งที่มีสีเงินแกมฟ้ามักจะนำไปใช้ในการผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคหลากหลายชนิดที่มนุษย์ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น สีทาบ้าน สีป้องกันสนิม แบตเตอรี่รถยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้าบัดกรี แต่เนื่องจากตะกั่วเป็นสารที่ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อมนุษย์ การสัมผัส การสูดดม การรับรสหรือการใช้สินค้าต่างๆ ที่มีตะกั่วเจือปนอยู่ ทำให้มนุษย์ต้องเสี่ยงกับการได้รับตะกั่วเข้าสู่ร่างกายทั้งทางตรงและทางอ้อมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ตะกั่วจะไม่แสดงความเป็นพิษต่อ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

มนุษย์ในทันทีทันใด มนุษย์จึงไม่รู้สึกว่าได้รับสารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายแล้ว แต่ตะกั่วจะสะสมอยู่ในร่างกายและจะแสดงความเป็นพิษออกมาเมื่อตะกั่วได้สะสมอยู่ในร่างกายจนถึงขนาดแล้ว ซึ่งความเป็นพิษของตะกั่วจะส่งผลกระทบต่อมนุษย์อย่างมากและรุนแรง จากการวิจัยพบว่าหากผู้ใหญ่ได้รับตะกั่วมากเกินไป จะทำให้สมองทำงานบกพร่องและสติปัญญาเสื่อมถอย แต่ถ้าเด็กได้รับสารตะกั่วมากเกินไป จะทำให้สมองไม่พัฒนา ร่างกายไม่เจริญเติบโต และระบบการรับฟังบกพร่อง ดังนั้นประเทศต่างๆ จึงให้ความสำคัญกับการใช้ตะกั่วในการผลิตสินค้าอุปโภคและบริโภคต่างๆ เช่น รณรงค์ให้ใช้น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วและลดปริมาณการใช้ตะกั่วในสินค้าประเภทสีทาวัสดุชนิดต่างๆ รวมทั้งกำหนดให้มีปริมาณสารตะกั่วเจือปนในร่างกายได้ไม่เกิน 0.00001 กรัมในเลือด 1 เดซิลิตร (เดิมกำหนดไว้ไม่เกิน 0.00006 ในเลือด 1 เดซิลิตร)

<u>แหล่งที่มาของตะกั่ว</u>

ตะกั่วสามารถพบได้ตามธรรมชาติ โดยปกติมักพบตะกั่วปะปนอยู่กับกำมะถัน ซึ่งก่อนที่จะนำตะกั่วมาใช้ในภาคอุตสาหกรรม จำเป็นต้องแยกโลหะทั้งสองชนิดนี้ออกจากกันเสียก่อน โดยการเผาด้วยความร้อนสูงแล้วจึงพ่นอากาศเข้าไป ออกซิเจนในอากาศจะทำปฏิกิริยากับตะกั่วและกำมะถัน เกิดเป็นตะกั่วออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะนำไปใช้ในการผลิตกรดกำมะถัน สำหรับตะกั่วออกไซด์ที่เกิดขึ้นสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้ และหากนำตะกั่วออกไซด์ที่ได้ไปผ่านกระบวนการดูดซับออกซิเจน จะได้ตะกั่วบริสุทธิ์ที่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้เช่นกัน

<u>การเข้าสู่ร่างกายของตะกั่ว</u>

ตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง ได้แก่

1) ทางปาก โดยการรับประทานอาหาร เครื่องดื่ม หรือยาที่มีตะกั่วปนเปื้อนอยู่ การใช้เครื่องใช้หรือภาชนะต่างๆ ที่ปนเปื้อนตะกั่ว และการอมเครื่องใช้ต่างๆ ที่มีตะกั่วปนเปื้อน รวมถึงการสัมผัสเครื่องใช้ที่มีตะกั่วปนเปื้อนและไม่ล้างมือก่อนรับประทานอาหาร

2) ทางจมูก โดยการหายใจเอาควัน ไอระเหย ฝุ่นละอองตะกั่วที่มีอยู่ในอากาศเข้าสู่ปอด

3) ทางผิวหนัง โดยการสัมผัสกับสินค้าอุปโภคบริโภคที่มีสารประกอบอินทรีย์ของตะกั่วเจือปนเท่านั้น เช่น การล้างมือด้วยน้ำมันเบนซินหรือเมื่อน้ำมันเบนซินหกใส่ผิวหนัง จะทำให้ตะกั่วซึมผ่านผิวหนัง และเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดของร่างกาย

<u>อันตรายของสารตะกั่ว</u>

1) ความเป็นพิษเฉียบพลัน ,

ผู้ได้รับตะกั่วจะรู้สึกฝืดคอ มีกลิ่นโลหะในปาก กระหายน้ำ คอแห้ง ปวดแสบหน้าท้อง คลื่นไส้ อาเจียน อาเจียนอาจมีลักษณะขาวขุ่นจากเลดคลอไรด์ ผู้ได้รับตะกั่วส่วนมากจะมีอาการท้องร่วง และส่วนน้อยท้องผูก อุจจาระมีเลือดหรือมีสีดำ อันเนื่องมาจากเลดซัลไฟด์ ผู้ได้รับตะกั่วบางรายอาจเกิดอาการช็อก กล้ามเนื้อกระตุก อ่อนเพลีย เป็นตะคริว โดยเฉพาะที่ขาทั้งสองข้าง หรือ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

มีอาการของระบบประสาทส่วนกลาง เช่น ปวดศีรษะ นอนไม่หลับ หรืออาจมีอาการผิดปกติที่ไร้สาเหตุ เช่น รู้สึกชา ซึมเศร้า ถึงขั้นโคม่าและเสียชีวิตในที่สุด อาการที่รองลงไป ได้แก่ ภาวะไตเสื่อม ทำให้ปัสสาวะน้อยลงกว่าปกติมีอัลบูมิน และมีเมือกในปัสสาวะ เจ็บไต นอกจากนี้ จะมีการสลายตัวของเม็ดเลือดแดง อาจทำให้เสียชีวิตได้ภายใน 2-3 วัน

2) ความเป็นพิษเรื้อรัง

ผู้ได้รับตะกั่วอาจมีอาการทางระบบทางเดินอาหารและทางระบบประสาท

- อาการทางระบบทางเดินอาหาร เช่น เบื่ออาหาร เหม็นเฝื่อนในลำคอ ท้องผูก เป็นตะคริวที่หน้าท้อง

- อาการทางระบบประสาท เช่น ข้อมือตก เป็นอัมพาต ไม่มีแรง แต่ยังคงมีความรู้สึก

- อาการทางสมองหรือเยื่อหุ้มสมองอักเสบ อาการนี้พบน้อยในผู้ใหญ่ส่วนมากมักจะเกิดขึ้นกับเด็ก เช่น เด็กที่กำลังร่าเริงว่องไว อยู่ดีๆ ก็หมดสติ นานประมาณ 2-3 ชั่วโมง จากสถิติผู้ป่วยที่มีอาการทางสมอง บางรายเสียชีวิต ประมาณร้อยละ 25 ของผู้รอดชีวิตอาจมีอาการทางประสาทอย่างถาวร

<u>ผลกระทบของตะกั่วต่อมนุษย์</u>

1) ผลกระทบที่มีต่อผู้ใหญ่

- อาการทางระบบทางเดินอาหารที่พบบ่อย ได้แก่ เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ท้องผูก บางรายท้องเสียและปวดท้องอย่างรุนแรง (เรียกว่า “โคลิก”)

- อาการทางระบบประสาทที่พบบ่อย ได้แก่ กล้ามเนื้อแขนขาไม่มีแรง ปวดตามกล้ามเนื้อและข้อต่อต่างๆ กล้ามเนื้อเป็นอัมพาต

- อาการทางโลหิตที่พบบ่อย ได้แก่ เลือดจางซีดขาว อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ มึนงง ตัวและตาเหลือง

2) ผลกระทบที่มีต่อเด็ก

- ระบบประสาท ตะกั่วจะทำลายระบบประสาทส่วนกลางและส่วนปลาย ซึ่งเด็กอายุยิ่งน้อยเท่าไร ระบบประสาทจะถูกทำ ลายมากขึ้นเท่านั้น ดังนั้น จึงเป็นอันตรายต่อเด็กเล็กเป็นอย่างยิ่ง

- ระบบปัสสาวะ ทำลายไตและทำให้ที่กรองปัสสาวะฝ่อลีบ

- ระบบเลือด ทำให้เม็ดเลือดแดงแตกง่ายและขัดขวางการสร้างฮีมทำให้ซีดและโลหิตจาง

- ระบบทางเดินอาหาร ทำให้ปวดท้องและเกร็งกล้ามเนื้อท้อง

- การเจริญเติบโต ในกรณีที่มีตะกั่วในเลือดตั้งแต่ 25 ไมโครกรัมในในเลือด 1 เดซิลิตร จะยับยั้งการเจริญเติบโตของเด็ก ทำให้เด็กเจริญเติบโตไม่สมกับอายุ (ปราโมทย์ ศรีสุวรรณ และรินทวัฒน์ สมบัติศิริ, 2552)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2.6.3.4 แคดเมียม (Cadmium, Cd)

แคดเมียมเป็นธาตุโลหะหนักที่มีสีเงินแกมขาว มีคุณสมบัติเบา อ่อน ดัดโค้งได้ง่ายและทนต่อการกัดกร่อน เมื่อมีการใช้ความร้อนสูง เช่น การอบแร่ การบัดกรี การหลอมเหล็ก และการเผาของเสีย จะทำให้มีไอของแคดเมียมออกมาได้ในระหว่างกระบวนการที่มีการให้ความร้อน และไอของแคดเมียมในอากาศจะถูกออกซิไดซ์อย่างรวดเร็วไปเป็นแคดเมียมออกไซด์

นอกจากนี้แคดเมียมยังเป็นธาตุที่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในกรดไนตริกและกรดไฮโดรคลอริกเจือจางซึ่งจะทำให้เป็นอันตรายต่อคนแบบเฉียบพลันเมื่อกินเข้าไป โดยทั่วไปจะไม่ค่อยพบแคดเมียมในรูปของแคดเมียมบริสุทธิ์ แต่มักจะพบในรูปของสารประกอบของเกลือ เช่น Cadmium sulfate ($CdSO_4$) Cadmium nitrate ($CdNO_3$) Cadmium chloride ($CdCl_2$) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ไม่มีสีและละลายได้ดีในน้ำ และแคดเมียมยังสามารถรวมตัวกับสารอื่นๆเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ละลายน้ำได้ โดยเฉพาะเมื่อรวมกับ Cyanides และ Amines

<u>แหล่งที่มาของแคดเมียม</u>

แคดเมียมจัดเป็นธาตุพิษหลักธาตุหนึ่งที่ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมต่างๆ แคดเมียมมักพบเกิดร่วมกับกับแร่ชนิดต่างๆ โดยเฉพาะแร่สังกะสีและตะกั่ว ดังนั้น แคดเมียมจะเป็นผลพลอยได้จากการทำเหมืองแร่สังกะสีและตะกั่ว การแพร่กระจายของแคดเมียมสู่สิ่งแวดล้อมนอกจากจะมาจากแหล่งของแคดเมียมตามธรรมชาติแล้ว ยังมีแหล่งที่มาจากอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมการหลอม และการถลุงแร่สังกะสีและตะกั่ว การผลิตโลหะผสมอัลลอยด์ การชุบโลหะที่เป็นส่วนประกอบของเครื่องบิน รถยนต์ อุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การใช้แคดเมียมในอุตสาหกรรมการผลิตยาง พลาสติก แบตเตอร์รี่ (Cadmium-Nickel Battery) การเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงและถ่านหิน และใช้เป็นสารผสมในสารฆ่าเชื้อรา (Fungicide)

<u>การเข้าสู่ร่างกายของแคดเมียม</u>

แคดเมียมเข้าสู่ร่างกายได้หลายทาง โดยจากอาหารที่บริโภคเข้าไปเป็นหลัก โดยอาจติดปะปนมากับพืชผัก ผลไม้ หรือผลิตภัณฑ์จากสัตว์ที่นำมาปรุงเป็นอาหาร แคดเมียมอาจละลายอยู่ในน้ำที่เราดื่มและได้รับจากอากาศโดยการหายใจเอาอากาศที่มีฝุ่นแคดเมียมฟุ้งกระจายอยู่ โดยเฉพาะในแหล่งอุตสาหกรรมที่มีการใช้แคดเมียมเป็นวัตถุดิบ และการสัมผัสกับสิ่งของที่มีแคดเมียมเป็นส่วนประกอบและการอยู่ในแหล่งที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียมในอากาศนานๆจะทำให้แคดเมียมซึมผ่านผิวหนังเข้าสู่ร่างกายเราได้อีกด้วย สำหรับผู้ที่สูบบุหรี่จัดจะทำให้ได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายเพิ่มขึ้น ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในร่างกายครึ่งหนึ่งจะไปสะสมอยู่ที่ตับและไต ทำให้เกิดพิษสะสมได้ในคน การขับแคดเมียมที่ร่างกายดูดซึมเข้าไปแล้วออกจากร่างกายเป็นไปค่อนข้างช้ามาก เพราะวงจรครึ่งชีวิตของแคดเมียมในคนค่อนข้างยาว 16 -33 ปี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

อันตรายของแคดเมียม

1) ความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน

- ความเป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหาร เมื่อร่างกายได้รับแคดเมียมโดยการกินซึ่งส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการกินอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีแคดเมียมปนเปื้อนหรือบรรจุในภาชนะที่เคลือบด้วยแคดเมียม อาการที่ปรากฏเริ่มแรกคือ รู้สึกคลื่นเหียนอย่างรุนแรง อาเจียน ท้องร่วง เป็นตะคริว และน้ำลายฟูมปาก ในรายที่เป็นมากอาจเกิดอาการช็อกเนื่องจากร่างกายสูญเสียน้ำมาก ระบบการทำงานของไตล้มเหลวและอาจถึงตายได้

- ความเป็นพิษต่อระบบหายใจ การสูดหายใจเอาไอของแคดเมียมเข้าไปทำให้เกิดอาการระคายเคืองที่หลอดลม ปอด จมูก ลำคอ และยังทำให้เกิดอาการไอ เวียนศีรษะ อ่อนเพลีย หนาวสั่น มีไข้ เจ็บหน้าอก

2) ความเป็นพิษแบบเรื้อรัง ความเป็นพิษจากแคดเมียมที่เกิดกับคนส่วนใหญ่มักเป็นแบบชนิดเรื้อรัง ซึ่งเกิดจากการที่ร่างกายได้รับแคดเมียมเข้าไปเป็นเวลานานติดต่อกัน ได้แก่

- ความเป็นพิษต่อปอดในคนที่หายใจเอาฝุ่นหรือไอ (Fume) ของแคดเมียมเข้าไปติดต่อกันเป็นเวลานานจะทำให้เกิดการบวมหรือพองของเนื้อเยื่อปอด ประสิทธิภาพในการระบายลมของปอดจะลดลง ทำให้อากาศอยู่ภายในปอดนานกว่าปกติ มีอาการหายใจขัดหรือหายใจไม่ออก นอกจากนี้ยังพบว่า แคดเมียมทำให้เกิดโรคถุงลมโป่งพองและมีพังผืดในปอดจับในทางเดินหายใจส่วนล่าง เนื่องจากแคดเมียมจะเป็นตัวไปขัดขวางการสร้าง Antitrypsin ซึ่งเป็นตัวควบคุม Trypsin ในร่างกายคน ซึ่งสาร Trypsin นี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคถุงลมโป่งพองได้

- ความเป็นพิษต่อไต ผู้ที่ได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายนานติดต่อกันจะพบความเป็นพิษที่ไตก่อนที่ปอด จะเกิดแผลที่ไต พิษต่อไตจะปรากฏโดยผู้ป่วยมีอาการของโปรตีนยูเรีย คือ ไตจะมีการขับปัสสาวะที่มีโปรตีนมากกว่าปกติ ซึ่งโปรตีนที่ขับออกมาส่วนใหญ่จะเป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น Microglobin lysozyme ribonuclease retinol binding protein และ Immunoglobin chains โดยชนิดของโปรตีนที่ถูกขับออกมาจะเป็นตัวบอกให้รู้ว่าไตส่วนใดถูกทำลาย เช่น ถ้าโปรตีนขนาดใหญ่ถูกขับออกมา แสดงว่า โกลเมอรูรัส (Glumerulus) ถูกทำลาย แต่ถ้าเป็นโปรตีนขนาดเล็กถูกขับออกมา แสดงว่า ส่วนของทิบูลถูกทำลาย นอกจากโปรตีนแล้วยังอาจมีสารอื่นๆถูกขับออกมากผิดปกติด้วย เช่น กรดอะมิโน ทำให้เกิดอาการ Aminoaciduria แคลเซียม ทำให้เกิดอาการ Hypercalciumuria และ กลูโคส ทำให้เกิดอาการ Glucosuria เป็นต้น

- ความเป็นพิษที่กระดูก ที่ปรากฏเด่นชัดในกรณีการเกิดโรค อิไต อิไต โรคชนิดนี้เป็นโรคกระดูกผุ คือ กระดูกจะพรุน กระดูกโก่ง งอโค้งได้ จะทำให้กระดูกเสียรูปทรง แตกร้าวและหักได้ เนื่องจากร่างกายดูดซึมแคลเซียมได้น้อยลง

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

- ความเป็นพิษต่อระบบเลือดเข้าสู่หัวใจและระบบการสร้างเม็ดโลหิต จะทำให้เกิดความดันโลหิตสูง เป็นสาเหตุให้เกิดโรคหัวใจ หัวใจเต้นผิดปกติ ในกลุ่มผู้ป่วยที่เป็นโรค อิไต อิไต และกลุ่มคนงานที่ต้องสัมผัสกับแคดเมียมจะพบอาการของโรคโลหิตจางด้วย

- ความเป็นพิษต่อตับ มีรายงานค่อนข้างน้อยเกี่ยวกับความเป็นพิษต่อตับในคน แต่จากการทดลองในสัตว์ทดลองพบว่า แคดเมียมในปริมาณน้อย (ในน้ำดื่ม 1 ppm) มีผลทำให้การทำงานของเอ็นไซม์ในตับเปลี่ยนไป

- จากการทดลองในสัตว์ พบว่า แคดเมียมยังเป็นสารก่อมะเร็ง โดยทำให้เกิดมะเร็งของเนื้อเยื่อที่อยู่ลึก (Sarcomar) เช่น กล้ามเนื้อกระดูกในหนูทดลอง (เขมชิต ธนากิจชาญเจริญ และคณะ, 2551)

2.6.3.5 โครเมียม (Chromium, Cr)

โครเมียมเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกายเพื่อการเจริญเติบโตที่มีสุขภาพที่ดี มันมีความจำเป็นต่อขบวนการแตกของโมเลกุลโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต รองจากแคลเซียมแล้ว โครเมียมเป็นแร่ธาตุที่ได้รับความนิยมมากสำหรับคนอเมริกันที่รับประทานเป็นประจำ และร่างกายยังต้องการโครเมียมในปริมาณ 50 – 200 ไมโครกรัมต่อวัน โครเมียมมีส่วนในการช่วยรักษาปริมาณน้ำตาลในร่างกายให้คงที่ (ในขบวนการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรต) ในงานวิจัยพบว่า โครเมียมเป็นส่วนประกอบของสารที่เรียกว่า GTF (Glucose tolerance factor) โดยทำงานร่วมกับ ไนอาซินและกรดอะมิโนอีกหลายชนิด นอกจากนี้โครเมียมอาจมีบทบาทในการเพิ่ม HDL หรือคลอเรสเตอรอลชนิดดี และลดระดับคลอเรสเตอรอลทั้งหมด โครเมียมจะกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสให้เป็นพลังงาน และขบวนการสังเคราะห์กรดไขมันและคลอเรสเตอรอล จึงดูเหมือนว่าโครเมียมจะเพิ่มประสิทธิภาพของอินซูลิน และการจัดการกับน้ำตาลกลูโคส ป้องกันการเกิดน้ำตาลในเลือดต่ำ (เพราะว่ามีอินซูลินมากเกินไป) หรือโรคเบาหวาน (เพราะว่ามีอินซูลินน้อยเกินไป) แหล่งที่พบโครเมียมที่ดีที่สุด คือ ในยีสต์ (Brewer's yeast) นอกจากนั้นก็ยังพบในเมล็ดธัญพืช และซีเรียล ซึ่งปกติจะถูกทำลายไปในระหว่างกระบวนการผลิตเบียร์บางยี่ห้อก็อาจจะมีโครเมียมในปริมาณมาก

<u>แหล่งที่พบ</u>

อาหารที่มีโครเมียมสูงคือ ยีสต์ ข้าวชนิดต่างๆ เช่น ข้าวกล้อง รวมทั้ง ตับ, ไข่แดง, หอย, เนยแข็ง, เห็ด, กากน้ำตาล, น้ำมันข้าวโพด, ผักและผลไม้จะมีอยู่ปริมาณเล็กน้อย

<u>แหล่งที่มาของโครเมียม</u>

โครเมียมถูกนำมาใช้งานด้านอุตสาหกรรมได้อย่างกว้างขวาง โดยนำมาผสมกับโลหะทำให้เกิดความแข็งแรงมีความเหนียวทนทาน ทำให้โลหะไม่เป็นสนิมทนต่อการผุกร่อน โลหะโครเมียมบริสุทธิ์ใช้มากในอุตสาหกรรมชุบโลหะด้วยไฟฟ้า สารประกอบของโครเมต (Chromate) ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา อุตสาหกรรมฟอกหนัง การย้อมสีขนสัตว์

การเข้าสู่ร่างกายของโครเมียม

โครเมียมสามารถเข้าสู่ร่างกายได้โดยการสูดหายใจเอาฝุ่นละอองหรือควันของกรดโครมิคเข้าไป และการสัมผัสกับฝุ่นละออง หรือสารละลายของกรดโครมิค

อันตรายของโครเมียม

ในกรณีที่ร่างกายได้รับโครเมียมในปริมาณที่สูงเกินกว่าที่ร่างกายจะรับได้ ก็จะก่อให้เกิดภาวะพิษโครเมียมได้ ทั้งในลักษณะการเกิดพิษแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง

1) ความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน (Acute toxicity)

มักพบในกรณีได้รับโดยการกิน Hexavalent chromium เช่น Chromic acid จะทำให้เกิด Acute gastroenteritis ร่วมกับ Yellow-green vomitus หรือ Hematemesis, Hepatic necrosis, Gastrointestinal hemorrhage acute tubular necrosis และ Renal failure นอกจากนี้ ในรายที่กิน Hexavalent chromium ในปริมาณมากๆจะทำให้มี Vertigo, Thirst, Abdominal pain, Bloody diarrhea ในรายที่รุนแรงอาจจะพบความผิดปกติเหล่านี้ร่วมด้วย เช่น Hepatorenal syndrome, Severe coagulopathy, Intravascular hemolysis และอาจเสียชีวิตได้ ปริมาณที่ทำให้เสียชีวิตได้ในผู้ใหญ่ คือ 1-3 กรัม

2) ความเป็นพิษแบบเรื้อรัง (Chronic toxicity)

มักพบในคนงานที่ต้องทำงานสัมผัสกับโครเมียมเป็นเวลานานๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้คือ

- ความเป็นพิษต่อผิวหนังและ Mucous membrane: มักมีสาเหตุจากการสัมผัส Hexavalent chromium เป็นระยะเวลานานๆ จะเกิดแผลบริเวณผิวหนังที่ต้องสัมผัสโครเมียมเป็นประจำที่เรียกว่า Chrome hole หรือ Chrome sore พบมากในคนงานที่ใช้ Chromic acid, Ammonium dichromate, Potassium chromate และ Sodium dichromate ถ้าแผลไม่ลึกมากเมื่อรักษาด้วยยาประมาณ 3 อาทิตย์แผลจะหาย ในรายที่รุนแรงทำให้เกิด Allergic contact dermatitis ซึ่งเป็นอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นร่วมกับ Immune system จะพบ Acute or chronic eczema และจัดเป็น Chromium sensitivity ชนิด delayed-type (class IV) hypersensitivity reaction นอกจากนี้ในรายคนงานที่ต้องสัมผัสกับ Chromate dust จะพบ Conjunctivitis, Lacrimination, Respiratory irritation, Rhinitis, epitaxis, และที่พบบ่อยคือ Ulceration หรือ Perforation of nasal septum

- การเป็นสารก่อให้เกิดมะเร็ง (Carcinogenicity): โดย The International Agency for Research on Cancer (IARC) และ US Toxicology Program จัด Hexavalent chromium เป็น Human carcinogen ด้วยความสามารถในการละลายน้ำที่ดีของสารประกอบ โครเมียม เช่น Stronium และ Zinc chromates จึงพบว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเกิดมะเร็งปอด ซึ่งพบค่อนข้างมากกว่ามะเร็งชนิดอื่น มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับการเกิดมะเร็งปอดในคนงานที่ต้องทำงานสัมผัสกับ Hexavalent chromium เป็นเวลามากกว่า 30 ปีขึ้นไป จะมีความเสี่ยงสูงกว่าคนงานที่มีอายุงานน้อยกว่า (ศูนย์พิษวิทยา โรงพยาบาลรามาธิบดี, 2552)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2.6.3.6 ทองแดง (Copper, Cu)

ทองแดงจัดอยู่ในกลุ่มเกลือแร่ส่วนน้อย และร่างกายต้องการเพียงเล็กน้อย แต่จะพบตามเนื้อหนังทุกแห่งในร่างกาย ซึ่งมีความสำคัญจะขาดเสียไม่ได้ และมีความสัมพันธ์กับเหล็กในร่างกายเป็นอย่างมาก นอกจากจะพบทองแดงตามเนื้อหนังทั่วร่างกายแล้ว จะพบว่ามีความหนาแน่นมากที่ ตับ ไต หัวใจ สมอง ในกระดูก และกล้ามเนื้อซึ่งมีความหนาแน่นรองลงมา แต่เพราะว่ามันเป็นก้อนจึงพบทองแดงมากถึง 50 % ของทองแดงทั้งหมดที่มีในร่างกาย

<u>แหล่งที่พบ</u>

แหล่งที่ดีที่สุด คือ ตับ หอยนางรม อาหารทะเล และผลไม้เปลือกแข็ง เมล็ดพืช ถั่วที่ยังไม่ขัดสี นอกจากนี้ ได้แก่ ผลไม้แห้ง มะม่วง ลูกพรุน กล้วย เห็ด มันแกว หัวบีท นม เนื้อวัว ไข่ มันฮ่อ เมล็ดงา เมล็ดทานตะวัน เมล็ดถั่วลันเตา ถั่วอัลมอนด์ บริวเวอร์ยีสต์ เลซิติน โมลาส หรือน้ำเหลืองอ้อย น้ำดื่ม ผักใบเขียว และผลไม้สด โดยเฉพาะปลูกที่ๆ ดินซึ่งมีเกลือแร่ทองแดงอุดม

<u>แหล่งที่มาของทองแดง</u>

ทองแดงเป็นโลหะที่มีความหนาแน่น จุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง พบได้ตามธรรมชาติทั้งในดิน หิน น้ำและอากาศ อาจอยู่ในรูปธาตุอิสระหรือสารประกอบ เช่น Cu_2O, Cu_2S, CuF, $CuSO_4$, $CuFeS_2$ เป็นต้น ทองแดงเป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าที่ดีรองจากเงิน ปัจจุบันจึงมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายชนิดเช่น ใช้ผลิตลวด สายไฟ ท่อน้ำ นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารเคมีทางการเกษตร สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์รบกวนต่างๆ การทำสีย้อม เป็นต้น

<u>การเข้าสู่ร่างกายของทองแดง</u>

เราอาจได้รับทองแดงจากการหายใจ จากน้ำดื่ม จากการบริโภคอาหารในชีวิตประจำวัน และการสัมผัสกับผิวหนัง ซึ่งทองแดงมีความจำเป็นต่อร่างกายและสิ่งมีชีวิตถ้าได้รับในปริมาณที่เหมาะสมกับร่างกาย โดยเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในกระดูกและกล้ามเนื้อ

<u>อันตรายของทองแดง</u>

การเกิดพิษขึ้นอยู่กับปริมาณที่ได้รับเข้าไป ช่องทางที่ได้รับและสภาพร่างกายของแต่ละบุคคล ทองแดงถูกดูดซึมได้ดีในกระเพาะอาหารและลำไส้ส่วนบน โดยซึมผ่านเข้าผนังลำไส้ไปที่ตับ จากนั้นจะรวมตัวกับน้ำดี แล้วถูกหลั่งออกมาบริเวณลำไส้ ขับออกไปกับอุจจาระ หรืออาจถูกดูดกลับเข้าสู่ร่างกายได้30% โดยไปสะสมที่กระดูก กล้ามเนื้อ ตับ สมอง การสะสมจะมากที่ตับและสมอง

เมื่อได้รับทองแดงในปริมาณมากจะทำให้เกิดความเป็นพิษต่อร่างกาย คือ คลื่นเหียนอาเจียน เกิดการอักเสบในช่องท้องและกล้ามเนื้อ ท้องเสีย การทำงานของหัวใจผิดปกติ กดระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายและอาจส่งผลให้เกิดความผิดปกติทางจิต ส่วนอาการเรื้อรังจากการได้รับติดต่อกันเป็นเวลานาน และตับทำหน้าที่บกพร่อง ไม่สามารถขับทองแดงออกจากร่างกายได้ตามปกติ จึงทำให้มีการสะสมอยู่ในร่างกายเป็นปริมาณมาก ส่งผลให้เกิดความผิดปกติของร่างกาย

หรือกลุ่มอาการ Wilson' diseases คือ ร่างกายสั่นเทาอยู่ตลอดเวลา กล้ามเนื้อแข็งเกร็ง มีน้ำมูกน้ำลายไหล ควบคุมการพูดลำบาก (Geocities, 2552)

2.6.3.7 สังกะสี (Zinc, Zn)

สังกะสี จัดเป็นเกลือแร่ส่วนน้อยที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย ในบรรดาเกลือแร่ส่วนน้อยด้วยกัน สังกะสีจะพบในร่างกายมากเป็นอันดับสองรองจากเหล็ก บางครั้งเราจะรู้จักสังกะสีในชื่อเกลือแร่บำบัด หรือ Healing mineral เพราะเหตุว่ามีคุณสมบัติในการรักษาได้หลายอย่าง สังกะสีจะเสื่อมสลายได้ หากการปรุงอาหารที่ต้องผ่านกรรมวิธีมาก และสลับซับซ้อน

แหล่งที่พบ

ได้แก่อาหารที่มีโปรตีนสูงเช่น เนื้อวัว เนื้อหมู เนื้อไก่ ตับ นม เนยแข็ง อาหารทะเล ปู กุ้ง หอยนางรม โดยเฉพาะหอยนางรมให้สังกะสีสูงที่สุดประมาณ 745 มิลลิกรัมต่อหอย 1 กิโลกรัม นอกจากนี้ยังได้จากอาหารที่ทำจากบริวเวอร์ยีสต์อีกด้วย

พวกพืชผักได้แก่ ข้าวกล้อง รำข้าวสาลี เมล็ดทานตะวัน เมล็ดฟักทอง ถั่วลิสง ถั่วเขียว วุ้นเส้นไม่ฟอกขาว งา เมล็ดอัลมอนด์ ผักใบเขียว ผักขม หัวหอม มันฝรั่ง มะเขือเทศ ผลไม้ได้แก่ มะม่วง แอปเปิ้ล สับปะรด เป็นต้น

แหล่งที่มาของสังกะสี

เราสามารถพบสังกะสีได้จากอาหารที่มีโปรตีนสูง และอุตสาหกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวกับการเคลือบโลหะ เพื่อป้องกันสนิมและการกัดกร่อน เช่นในกระเบื้องสังกะสี หรือกระเบื้องสังกะสีลูกฟูก และใช้เป็นส่วนประกอบในโลหะผสม เช่นใช้ในการทำของเล่น และยังใช้เป็นภาชนะของถ่านอัลคาไลน์

การเข้าสู่ร่างกายของสังกะสี

สังกะสีสามารถเข้าสู่ร่างกายได้โดยการรับประทานอาหารในชีวิตประจำวัน การหายใจและการสัมผัสทางผิวหนัง ถ้าได้รับเข้าสู่ร่างกายทางหายใจจะเกิดอาการมีรสโลหะในปาก ระคายเคือง ไอ หายใจถี่ เพลีย เจ็บกล้ามเนื้อ มีไข้ หนาวสั่น ผิวหนังอักเสบ มีหนองเกิดจากการติดเชื้อ

อันตรายของสังกะสี

ถ้าบริโภคสังกะสีซัลเฟต (Zinc sulfate) ประมาณ 2 กรัม หรือมากกว่า ทำให้เกิดพิษอย่างเฉียบพลัน มีอาการผิดปกติในระบบทางเดินอาหาร อาเจียน ถ้าได้รับวันละ 18.5 - 25 มิลลิกรัม ทำให้ระดับทองแดงในเลือดต่ำ (Hypocupremia) เม็ดเลือดแดงมีขนาดเล็กกว่าปกติ (Microcytosis) และเม็ดเลือดขาวชนิด Neutrophil น้อยกว่าปกติ (Neutropenia) (Geocities, 2552)

2.6.4 อันตรายของคุณสมบัติทางจุลชีวะ

โรคที่สำคัญที่เกิดโดยแบคทีเรียและแพร่กระจายโดยมีน้ำเป็นสื่อ ได้แก่ ไทฟอยด์ อหิวาตกโรค โรคเหล่านี้เป็นโรคที่เกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร แบคทีเรียเหล่านี้จะติดมากับอุจจาระของคนหรือสัตว์ที่เป็นโรคหรือพาหะ จึงใช้จุลินทรีย์เหล่านี้เป็นดัชนีบ่งบอกถึงการปนเปื้อน

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

จากอุจจาระโดยทางตรงและทางอ้อม จุลินทรีย์เหล่านี้มีหลายกลุ่มด้วยกัน เช่น Coliform bacteria, Fecal coliform และ *Escherichia coli* แบคทีเรียในวงศ์ Enterobacteriaceae ทั้งกลุ่มและ Enterococci เนื่องจากจุลินทรีย์เหล่านี้มีแหล่งอาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหารของคนและสัตว์ จึงพบมากในอุจจาระ ในการตรวจแบคทีเรียจึงต้องวิเคราะห์แบคทีเรียที่อยู่ในอุจจาระ Fecal coliform เป็นสำคัญ พวกที่ทำให้เกิดโรคเป็นพวก Pathogens พวกนี้จะมีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมได้น้อยเมื่อออกจากร่างกายมนุษย์ หรือสัตว์จะตายไว ตรงกันข้ามกับพวก non-pathogens พวกนี้มีความทนทานมากกว่า นอกจากนี้การแยกพวก Pathogens ในห้องปฏิบัติการทำได้ยากและใช้เวลานาน ดังนั้นจึงนิยมใช้พวก non-pathogens ซึ่งพบอยู่ในทางเดินอาหารของสัตว์เลือดอุ่นและเป็นพวกปกติในอุจจาระเป็น Indicator of fecal pollution แบคทีเรียพวกนี้ ได้แก่ *Streptococcu faecalis* แต่ที่นิยมใช้กันทั่วโลก คือ *Escherichia coli* (กรรณิการ์, 2522)

2.6.4.1 Total coliform bacteria

Total coliform bacteria จะประกอบด้วยแบคทีเรียที่พบในดิน น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ และในของเสียของมนุษย์หรือสัตว์ ถ้าตรวจพบในปริมาณที่มากพอก็จะทำให้เกิดโรค และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการบำบัดน้ำเสีย การที่จะมีโรคเกิดขึ้น ก็ต่อเมื่อแหล่งน้ำเกิดมลพิษโดยมีการปนเปื้อนของอุจจาระ แบคทีเรียที่ก่อโรค ไวรัส และปรสิต อาจทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ เมื่อมีการสัมผัสกับน้ำ และทำให้เกิดโรคในคน ได้แก่ โรคท้องร่วง ไข้ไทฟอยด์ โรคกระเพาะอาหารและลำไส้อักเสบ โรคที่เกิดจากเชื้อ Shigella และโรคที่เกิดจากเชื้อ Salmonella (Water education, 2009)

2.6.4.2 Fecal coliform bacteria

Fecal coliform bacteria เป็นแบคทีเรียในกลุ่ม Total coliform bacteria ที่พบในอุจจาระของสัตว์เลือดอุ่น โดยจะเป็นตัวบ่งบอกถึงของเสียในสัตว์หรือมนุษย์ได้ดีกว่า Total coliform bacteria ถ้ามีอยู่ในน้ำ จะไม่ทำให้เกิดอันตราย แต่จะเป็นตัวชี้วัดที่แสดงถึงความเสี่ยงต่อการเกิดโรคที่สามารถติดต่อกันโดยทางน้ำ ซึ่งอาจเกิดจาก Fecal coliform ที่ปนเปื้อนอยู่ โดยโรคติดต่อนี้ ได้แก่ โรคท้องร่วง ไข้ไทฟอยด์ กระเพาะอาหารและลำไส้อักเสบ และไวรัสตับอักเสบชนิด A การที่พบ Fecal coliform จะมีแนวโน้มบ่งบอกถึงผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์มากกว่าสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ (Wikipedia, 2009)

2.6.4.3 *E.coli*

เป็นแบคทีเรียชนิดหลักในกลุ่ม Fecal coliform bacteria โดยทั่วไปจะไม่เจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ได้ในสิ่งแวดล้อม ดังนั้น *E.coli* จะเป็นแบคทีเรียที่จะทำการตรวจวิเคราะห์เป็นหลักของ Coliform bacteria ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีที่สุดของการที่มีอุจจาระปนเปื้อนและมีความเป็นไปได้ของการเกิดโรค โดยโรคที่เกิดจากเชื้อ *E.coli* มีดังนี้

1. โรคอุจจาระร่วง จะพบในกลุ่มคน 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นเด็กเล็ก เรียกโรคที่เกิดขึ้นว่า infantile diarrhea ส่วนใหญ่เกิดจากเชื้อ Enteropathogenic เด็กได้รับเชื้อปนมากับน้ำ นม อาหาร อีกกลุ่มหนึ่งเป็นโรคอุจจาระร่วงจาก *E. coli* คือ ผู้ใหญ่ที่เดินทางไปต่างถิ่น เรียกโรคนี้ว่า Travelers diarrhea เกิดจากเชื้อ Enteropathogenic *E. coli* ระยะฟักตัว 5 - 15 วัน อาการ ถ่ายอุจจาระเป็นน้ำ มีไข้ต่ำ ๆ คลื่นไส้ อาเจียน

2. โรคติดเชื้อในทางเดินปัสสาวะ มักมีสาเหตุมาจากเชื้อที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของผู้ป่วยเอง การติดเชื้อพบบ่อยในผู้หญิง เนื่องจากท่อปัสสาวะค่อนข้างจะสั้นและตรงเข้าสู่กระเพาะปัสสาวะ จึงทำให้เกิดโรคการติดเชื้อที่กระเพาะปัสสาวะ เกิดกระเพาะปัสสาวะอักเสบ ซึ่งอาจจะลุกลามไปยังไตได้ด้วย

3. โรคติดเชื้ออื่น ๆ ที่เกิดจากเชื้อ *E. coli* เช่น เยื่อหุ้มสมองอักเสบในเด็กเกิดใหม่ ปอดบวม แผลติดเชื้อ และโลหิตเป็นพิษ มักเกิดเนื่องจากการผ่าตัด การใช้เครื่องช่วยหายใจ การใช้สายสวนท่อปัสสาวะ

2.7 ลักษณะทั่วไปของพืชที่ทำการศึกษา

2.7.1 พืชกินใบและลำต้น

2.7.1.1 ผักชีไทย

ชื่อสามัญ Corainder

ชื่อวิทยาศาสตร์ Coraindrum sativum L.

ชื่อวงศ์ Apiaceae(Umbelliferae - Parsley family)

ลักษณะทั่วไป เป็นพรรณไม้ล้มลุก มีลำต้นตั้งตรง ภายในกลวง มีกิ่งก้านเล็ก ไม่มีขน รากแก้วสั้น ลำต้นมีสีเขียว แต่ถ้าแก่จะมีสีเขียวอมน้ำตาล สูงประมาณ 0.3 เมตร ลักษณะการออกใบเรียงคล้ายขนนก ส่วนมากที่ปลายต้นใบจะเป็นเส้นฝอยมีสีเขียวสด ดอกออกเป็นช่องตรงส่วนยอดดอกมีขนาดเล็กมีอยู่ 5 กลีบ สีขาวหรือสีชมพูอ่อนๆ ผลเป็นรูปทรงกลมโตประมาณ 3-5 มิลลิเมตร สีน้ำตาล ตรงปลายผลแยกออกเป็น 2 แฉก ตามผิวจะมีเส้นคลื่นอยู่ 10 เส้น ขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเมล็ด

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2.7.1.2 ผักชีลาว

ชื่อสามัญ Dill

ชื่อวิทยาศาสตร์ Anethum graveolens Linn.

ชื่อวงศ์ Umbelliferae

ลักษณะทั่วไป เป็นพืชล้มลุกตระกูลเดียวกับผักชี ลำต้นมีสีเขียวเข้มขนาดเล็ก ลักษณะใบเป็นใบประกอบแบบขนนก มีสีเขียวสดออกเรียงสลับกัน ดอกมีขนาดเล็กสีเหลือง ออกเป็นช่อ ก้านช่อดอกมีลักษณะคล้ายกับซี่ร่ม ผลแก่เป็นรูปไข่แบนมีสีน้ำตาลอมเหลือง ถ้านำไปใช้เป็นเครื่องเทศจะเก็บได้ก็ต่อเมื่อดอกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล แต่ส่วนใหญ่จะพบในรูปของการทานสดมากกว่า ซึ่งควรเก็บก่อนที่จะออกดอก

2.7.1.3 ผักบุ้ง

ชื่อสามัญ Swamp Morning Glory, Water Morning Glory

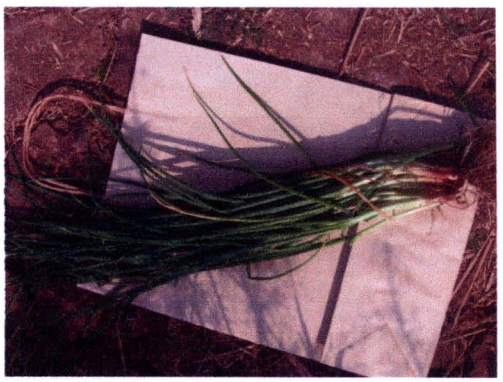
ชื่อวิทยาศาสตร์ Ipomcea aquatica Forsk

ชื่อวงศ์ Convolvulaceae

ลักษณะทั่วไป เป็นพรรณไม้เลื้อยที่มีเนื้ออ่อน ลำต้นจะกลวงและเป็นปล้องสีเขียว จะเลื้อยขึ้นแผ่ตามหน้าน้ำหรือในที่ลุ่มตามพื้นที่มีความชื้นแฉะ ใบมีสีเขียวเข้ม ลักษณะของใบจะเป็นสามเหลี่ยมมุมแหลม ออกเป็นใบเดี่ยวสลับทางกันตามข้อต้น ยาวประมาณ 2-3 นิ้ว ลักษณะของดอกเป็นรูประฆังเล็ก มีสีม่วงอ่อนๆ หรือสีชมพู ดอกจะบานเต็มที่ประมาณ 2 นิ้ว ดอกจะดกในฤดูแล้ง

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2.7.1.4 ต้นหอม



ชื่อสามัญ Green Shallot

ชื่อวิทยาศาสตร์ Alliumcepa var. aggregatum

ชื่อวงศ์ Alliaceae - Amaryllis family

ลักษณะทั่วไป เป็นผักสด ที่มีลำต้นสีขาว ใบยาวๆ สีเขียว ใช้ในการประกอบอาหารได้ทั้งลำต้น ดอก และใบ แต่มีกลิ่นฉุน

2.7.1.5 ผักกวางตุ้ง

ชื่อสามัญ Pak-choi

ชื่อวิทยาศาสตร์ Brassica.camprestris L. ssp. chinensis (Lour.)Rupr

ชื่อวงศ์ Brassicaceae

ลักษณะทั่วไป ลำต้นตั้งตรงมีสีเขียว ขนาดโตเต็มที่ใช้รับประทานได้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.4-1.8 เซนติเมตร สูงประมาณ 43-54 เซนติเมตร ก่อนออกดอกลำต้นจะสั้น มีข้อถี่มากจนดูเป็นกระจุกที่โคนต้น เมื่อออกดอกแล้วในระยะติดฝักต้นจะสูงขึ้นมาก ใบมีสีเขียว ปลายใบตรงกลางจะเว้าเข้า ส่วนใบจริงจะแตกเป็นกระจุกที่บริเวณโคนต้น ขอบใบเป็นรอยฟันเลื่อยเล็กมาก ดอกจะออกเมื่ออายุประมาณ 55-75 วัน

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2.7.1.6 ผักกาดฮ่องเต้

ชื่อสามัญ Chinese Cabbage-PAI TSAI

ชื่อวิทยาศาสตร์ Brassica pekinensis

วงศ์ Brasicaceae

ลักษณะทั่วไป เป็นผักในตระกูลกะหล่ำและผักกาด ก้านใบใหญ่อวบน้ำ กรอบ ส่วนใบมีขนาดใหญ่สีเขียว มี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์สีขาวและพันธุ์สีเขียว

2.7.2 พืชกินผล

2.7.2.1 ถั่วพู

ชื่อสามัญ Winged bean

ชื่อวิทยาศาสตร์ Prosphocarpvs tetragonolobus (L.) DC

ชื่อวงศ์ Papilionеae

ลักษณะทั่วไป ดอกมีสีขาวอมม่วงสวยน่ามอง ถ้าปลูกไว้ในบ้าน ก็จะได้ทั้งอาหารผักและอาหารตาไว้เชยชม ใบนั้นเป็นใบย่อยสามใบรูปร่างเหมือนไข่ ผลเป็นฝักแบนมีปีก 4 ปีก เล็กๆ ฝักยาวประมาณ 3-6 นิ้ว เมล็ดกลมเรียบเป็นมัน รากเป็นหัวอยู่ใต้ดินมีปม

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2.7.2.2 มะเขือเปราะ

ชื่อสามัญ Cockroach Berry

ชื่อวิทยาศาสตร์ Solanum aculeatissimum Jacq.

ชื่อวงศ์ Solanacece

ลักษณะทั่วไป เป็นไม้ล้มลุก สูง 0.3-1 เซนติเมตร ใบออกสลับ เป็นรูปไข่ กว้าง 4.5-1 เซนติเมตร ยาว 4-12 เซนติเมตร โคนเว้า ขอบหยักเป็นพู มีขน ดอกมีสีม่วงออกตามซอกใบ กลีบเลี้ยงโคนเชื่อมกัน ปลายแยกเป็น 5 แฉก กลีบดอกโคนเชื่อมกันปลายแผ่และแยกเป็น 5 แฉก เมื่อบานเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร ผลกลม รี หรือแป้น เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-3 เซนติเมตร

2.7.2.3 กระเจี๊ยบขาว

ชื่อสามัญ Ladies' Finger, Lady's Finger, Okra

ชื่อวิทยาศาสตร์ Abelmoschus esculentus Linn.

ชื่อวงศ์ Malvaceae

ลักษณะทั่วไป เป็นไม้พุ่ม ดอกสีเหลือง โคนกลีบด้านในมีสีม่วงแดง ใบเดี่ยวมีขน ขอบใบหยัก ผลยาวเป็นเหลี่ยม มีสีเขียวเมื่ออ่อน ภายในผลอ่อนมีมิวซิเลจและเมล็ดจำนวนมาก เมื่อแก่เต็มที่ผลจะแตก

2.7.3 พืชกินหัว

2.7.3.1 กระเทียม

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ชื่อสามัญ Garlic

ชื่อวิทยาศาสตร์ Allium sativum Linn.

ชื่อวงศ์ Alliaceae

ลักษณะทั่วไป เป็นพืชล้มลุกที่มีลำต้นอยู่ใต้ดิน เรียกว่าหัว หัวมีกลีบย่อยหลายกลีบติดกันแน่น มีเนื้อเป็นสีขาว มีกลิ่นฉุนเฉพาะ บางครั้งในหัวมีกลีบเดียว เรียกว่ากระเทียมโทน หัวค่อนข้างกลม ใบยาวแบน ปลายแหลม ภายในกลวง ดอกรวมกันเป็นกระจุกที่ปลายก้านช่อ ดอกมีสีขาวเหลืองอมชมพูม่วง

2.8 กฎหมายเกี่ยวกับน้ำเสียจากชุมชนและเกณฑ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 มาตรฐานน้ำทิ้งจากชุมชน

ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากชุมชนในระดับและขนาดชุมชนต่างๆ ตามที่มติคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้กำหนดไว้ ดังแสดงในตารางที่ 2-9

ตารางที่ 2-9 ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน

ลักษณะน้ำทิ้ง	ค่ามาตรฐานในระดับและขนาดชุมชนต่างๆ				หมายเหตุ
	ก	ข	ค	ง	
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	5-9	5-9	5-9	5-9	
บีโอดี (BOD; mg/L)	20	30	60	90	เป็นค่าที่ปล่อยให้ตกตะกอน 30 นาที
ปริมาณของแข็ง					
- ปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Soilds; mg/L)	30	40	50	60	
- ปริมาณตะกอนหนัก (Settleable Solids; mg/L)	0.5	0.5	0.5	0.5	
- ปริมาณสารละลาย (Dissolved Solid; mg/L)	+500	+500	+500	+500	เทียบจากปริมาณสารละลายในน้ำใช้ตามปกติไม่เกิน 500 mg/L
ซัลไฟด์ (Sulfide; mg/L)	1.0	1.0	3.0	4.0	
ไนโตรเจน (Nitrogen)					
- ที เค เอ็น (TKN; mg/L)	-	-	40	40	
- ออร์กานิค-ไนโตรเจน (Organic nitrogen; mg/L)	10	10	15	15	แบ่งชุมชนเป็น 2 ระดับคือน้อยกว่า 501 คนและ 501 คนขึ้นไป
- แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N; mg/L)	-	-	25	25	- คือไม่กำหนด + คือไม่กำหนดเพราะปกติไม่มีไนเตรท-ไนโตรเจนออกมาจากกระบวนการใช้ออกซิเจน * คือจะกำหนดเมื่อแหล่งน้ำมีปัญหา
- ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate nitrogen; mg/L)	*	*	+	+	
น้ำมันและไขมัน (Oil and Grease; mg/L)	20	20	20	20	

ที่มา : ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และวิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธิศักดิ์, 2540

หมายเหตุ : มติคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 31 มกราคม 2528

ก หมายถึง ชุมชนขนาด 2,501 คนขึ้นไป

ข หมายถึง ชุมชนขนาด 501-2,500 คนขึ้นไป

ค หมายถึง ชุมชนขนาด 101-500 คนขึ้นไป

ง หมายถึง ชุมชนขนาด น้อยกว่า 101 คน

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2.8.2 มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร

ประเภทของอาคาร สามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภท (กรมควบคุมมลพิษ, 2545) คือ

1) อาคารประเภท ก. หมายความถึง อาคารดังต่อไปนี้

- อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 500 ห้องนอนขึ้นไป

- โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 200 ห้องขึ้นไป

- โรงพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล ที่มีเตียงสำหรับรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 30 เตียงขึ้นไป

- อาคารโรงเรียนราษฎร์ โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาของเอกชน หรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 25,000 ตารางเมตรขึ้นไป

- อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศหรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 55,000 ตารางเมตรขึ้นไป

- อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 25,000 ตารางเมตรขึ้นไป

- ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 2,500 ตารางเมตรขึ้นไป

- ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 2,500 ตารางเมตรขึ้นไป

2) อาคารประเภท ข. หมายความถึงอาคารดังต่อไปนี้

- อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 100 ห้องนอน แต่ ไม่ถึง 500 ห้องนอน

- โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักอาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 60 ห้อง แต่ไม่ถึง 200 ห้อง

- หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 250 ห้องขึ้นไป

- สถานบริการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตรขึ้นไป

- โรงพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาลที่มีเตียงสำหรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวม กันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 10 เตียง แต่ไม่ถึง 30 เตียง

- อาคารโรงเรียนราษฎร์ โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาเอกชนหรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการ ที่มีพื้นที่ ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 25,000 ตารางเมตร

- อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศหรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของ อาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 10,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 55,000 ตารางเมตร

- อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 25,000 ตารางเมตร

- ตลาดที่มีพื้นที่ที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 1,500 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 2,500 ตารางเมตร

- ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 500 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 2,500 ตารางเมตร

3) อาคารประเภท ค. หมายความถึงอาคารดังต่อไปนี้

- อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ไม่ถึง 100 ห้องนอน

- โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มอาคารไม่ถึง 60 ห้อง

- หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 50 ห้อง แต่ไม่ถึง 250 ห้อง

- สถานบริการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 1,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 5,000 ตารางเมตร

- อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศหรือของเอกชนที่มีพื้นทีใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 10,000 ตารางเมตร

- ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 1,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 1,500 ตารางเมตร

- ภัตตาคารหรือร้านอาคารที่มีพื้นทีให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 250 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 500 ตารางเมตร

4) อาคารประเภท ง. หมายความถึงอาคารดังต่อไปนี้

หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 10 ห้อง แต่ไม่ถึง 50 ห้อง

- ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 500 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 1,000 ตารางเมตร

- ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 100 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 250 ตารางเมตร

5) อาคารประเภท จ. หมายความถึงภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้น ไม่ถึง 100 ตารางเมตร

ค่ามาตรฐานในการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภทต่างๆที่ได้กำหนดไว้สูงสุด สามารถสรุปได้ ดังแสดงในตารางที่ 2-10

ตารางที่ 2-10 ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด

คุณสมบัติของน้ำ	เกณฑ์กำหนดสูงสุดตามประเภทมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง				
	ประเภท ก	ประเภท ข	ประเภท ค	ประเภท ง	ประเภท จ
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	5-9	5-9	5-9	5-9	5-9
บีโอดี (BOD; mg/L)	20	30	40	50	200
ปริมาณของแข็ง					
- ค่าสารแขวนลอย (Suspended Soilds; mg/L)	30	40	50	50	60
- ค่าตะกอนหนัก (Settleable Solids; mg/L)	0.5	0.5	0.5	0.5	-
- ค่าสารที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solid; mg/L)	500 *	500*	500*	500*	-
ค่าซัลไฟต์ (Sulfide; mg/L)	1.0	1.0	3.0	4.0	-
ไนโตรเจน (Nitrogen) ในรูป TKN; mg/L	35	35	40	40	-
น้ำมันและไขมัน (Fat , Oil and Grease; mg/L)	20	20	20	20	100

* เป็นค่าที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณสารละลายในน้ำตามปกติ

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2545

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2.8.3 มาตรฐานน้ำผิวดินเพื่อการเกษตร

แหล่งน้ำผิวดินสามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภท โดยมีคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำแต่ละประเภทแตกต่างกัน ซึ่งแหล่งน้ำผิวดินที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรนั้นเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 3 โดยเป็นแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และมีเกณฑ์กำหนดค่าสูงสุดได้ ดังแสดงในตารางที่ 2-11

ตารางที่ 2-11 มาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินเพื่อการใช้ประโยชน์สำหรับการเกษตร

คุณสมบัติของน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
ค่าออกซิเจนละลาย (Dissolved oxygen, DO)	mg/L	4.0
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	5.0-9.0
อุณหภูมิ (Temperature)	$^{\circ}C$	ต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3$^{\circ}C$
ค่าบีโอดี (Biochemical oxygen demand, BOD)	mg/L	2.0
ไนเตรท-ไนโตรเจน	mg/L	5.0
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	mg/L	0.5
ฟีนอล	mg/L	0.005
แคดเมียม (Cd)	mg/L	0.05
ตะกั่ว (Pb)	mg/L	0.05
ปรอท (Hg)	mg/L	0.002
ทองแดง (Cu)	mg/L	0.1
สังกะสี (Zn)	mg/L	1.0
โครเมียม (Cr)	mg/L	0.05
สารหนู (As)	mg/L	0.01
นิกเกิล (Ni)	mg/L	0.1
แมงกานีส (Mn)	mg/L	1.0
ไซยาไนด์ (CN^-)	mg/L	0.005
Total Coliform Bacteria	MPN/100 ml	20,000
Fecal Coliform Bacteria	MPN/100 ml	4,000
ยาปราบศัตรูพืชที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total organochlorine pesticide)	mg/L	0.05

ตารางที่ 2-11 มาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินเพื่อการใช้ประโยชน์สำหรับการเกษตร (ต่อ)

คุณสมบัติของน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
ดีดีที (DDT)	µg/L	1.0
Alpha-BHC	µg/L	0.02
Dieldrin	µg/L	0.1
Aldrin	µg/L	0.1
Heptachlor & Heptachlor epoxide	µg/L	0.2

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545

2.8.4 เกณฑ์ของต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง

2.8.4.1 เกณฑ์ของประเทศออสเตรเลีย

การนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เพื่อการเพาะปลูกนั้น จะต้องมีการจัดการที่ดีเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม จึงต้องมีการตรวจวิเคราะห์หาสารที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียที่อาจเกิดอันตรายได้ โดยจะมีเกณฑ์ที่ได้กำหนดค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนเหล่านี้เพื่อการใช้ประโยชน์สำหรับการเพาะปลูก ดังแสดงในตารางที่ 2-12

ตารางที่ 2-12 เกณฑ์สำหรับการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก

พารามิเตอร์	LTV (mg/L)	STV (mg/L)	CCL (kg/ha)
Aluminum	5.0	20	-
Arsenic	0.1	2.0	20
Beryllium	0.1	0.5	-
Boron	0.5	0.5-15	-
Cadmium	0.01	0.05	2.0
Chromium	0.1	1.0	-
Cobalt	0.05	0.1	-
Copper	0.2	5.0	140
Fluoride	1.0	2.0	-
Iron	0.2	10	-
Lead	2.0	5.0	260
Lithium	2.5	2.5	-
Manganese	0.2	10	-
Mercury	0.002	0.002	2.0
Molybdenum	0.01	0.05	-
Nickel	0.2	2.0	85
Selenium	0.02	0.05	10
Uranium	0.01	0.1	-
Vanadium	0.1	0.5	-
Zinc	2.0	5.0	300

LTV (long-term trigger value) = การใช้ในระยะยาว

STV (short-term trigger value) = การใช้ในระยะสั้น

CCL (cumulative contaminant loading limit) = ระดับจำกัดการสะสมของสารที่ปนเปื้อน

ที่มา : Australian Health Ministers' Conference, 2006

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2.8.4.2 เกณฑ์ของประเทศสหรัฐอเมริกา

สารประกอบทางเคมีในน้ำเสียที่นำกลับมาใช้ใหม่เพื่อการเพาะปลูกที่สำคัญ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง โซเดียม สารคลอรีนตกค้าง สารอาหาร และธาตุต่างๆ โดยทั่วไปสารประกอบเหล่านี้จะส่งผลต่อพืชขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นที่พืชได้รับ ซึ่งปริมาณความเข้มข้นจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการใช้น้ำในแต่ละสถานที่ แหล่งที่มาของน้ำเสีย และกระบวนการในการบำบัดน้ำเสีย ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดค่าความเข้มข้นของสารประกอบในน้ำเสียที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่เหมาะสมสำหรับการนำมาเพาะปลูก ดังแสดงในตารางที่ 2-13

ตารางที่ 2-13 ค่าที่กำหนดสำหรับน้ำเสียที่นำกลับมาใช้ใหม่เพื่อการเพาะปลูก

พารามิเตอร์	ใช้ในระยะยาว	ใช้ในระยะสั้น	ข้อสังเกต
Aluminum (mg/L)	5.0	20	ไม่สามารถก่อให้เกิดผลกระทบในดินที่เป็นกรด แต่ถ้าดินมี pH เท่ากับ 5.5-8.0 จะทำให้เร่งการเกิดไอออนและธาตุที่เป็นพิษได้
Arsenic (mg/L)	0.10	2.0	มีความเป็นพิษต่อพืชมาก ในช่วง 12 mg/L สำหรับพืชจำพวกต้นหญ้า และน้อยกว่า 0.05 mg/L สำหรับข้าว
Beryllium (mg/L)	0.10	0.5	มีความเป็นพิษต่อพืชมาก ในช่วง 5 mg/L สำหรับพืชจำพวกกะหล่ำปลี ถึง 0.5 mg/L สำหรับพืชตระกูลถั่ว
Boron (mg/L)	0.75	2.0	จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยพืชจะนำไปใช้ในการเจริญเติบโตประมาณ 2-10 mg/L ที่ระดับ 1 mg/L จะเป็นพิษต่อพืชที่ไวต่อสิ่งกระตุ้น (เช่น มะนาวและส้ม) และในระดับความเข้มข้น 2-10 mg/L พืชจำพวกต้นหญ้าจะสามารถทนต่อความเข้มข้นนี้ได้แต่โดยส่วนใหญ่แล้วโบรอนจะถูกสะสมในดินมากกว่า
Cadmium (mg/L)	0.01	0.05	เป็นพิษต่อพืชตระกูลถั่ว, พืชที่กินรากได้ และพืชจำพวกหัวผักกาด ในปริมาณความเข้มข้นที่น้อยกว่า 0.1 mg/L
Chromium (mg/L)	0.1	1.0	ไม่ใช่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช และยังไม่มีรายงานที่เกี่ยวกับความเป็นพิษต่อพืช

ตารางที่ 2-13 ค่าที่กำหนดสำหรับน้ำเสียที่นำกลับมาใช้ใหม่เพื่อการเพาะปลูก (ต่อ)

พารามิเตอร์	ใช้ในระยะยาว	ใช้ในระยะสั้น	ข้อสังเกต
Cobalt (mg/L)	0.05	5.0	เป็นพิษต่อพืชจำพวกมะเขือเทศในปริมาณความเข้มข้น 0.1 mg/L และจะไม่ทำปฏิกิริยา ถ้าอยู่ในดินที่มีสภาพเป็นด่าง
Copper (mg/L)	0.2	5.0	เป็นพิษต่อพืชที่ความเข้มข้น 0.1-1.0 mg/L
Fluoride (mg/L)	1.0	15.0	ไม่ทำปฏิกิริยา ถ้าอยู่ในดินที่มีสภาพเป็นด่าง
Iron (mg/L)	5.0	20.0	ไม่เป็นพิษต่อพืช แต่จะทำให้ดินมีฤทธิ์เป็นกรด และสูญเสียธาตุอาหารฟอสฟอรัส และโมลิบดินัม
Lead (mg/L)	5.0	10.0	สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์พืชได้ในปริมาณความเข้มข้นสูงๆ
Lithium (mg/L)	2.5	2.5	พืชจะสามารถทนได้ที่ความเข้มข้น 5 mg/L โดยจะหมุนเวียนอยู่ในดิน มีความเป็นพิษต่อพืชจำพวกมะนาวและส้ม ถ้าหากจะปลูกพืชจำพวกนี้จะต้องมีปริมาณของลิเทียมไม่เกิน 0.075 mg/L
Manganese (mg/L)	0.2	10.0	เป็นพิษต่อพืชที่มีความเข้มข้นน้อย ประมาณ 2-3 mg/L ในดินที่เป็นกรด
Molybdenum (mg/L)	0.01	0.05	ไม่เป็นพิษต่อพืชในปริมาณความเข้มข้นปกติในดินและน้ำ แต่จะเป็นพิษต่อพืช หากมีปริมาณโมลิบดินัมในระดับที่สูง
Nickel (mg/L)	0.2	2.0	เป็นพิษต่อพืชที่มีความเข้มข้น 0.5 – 1.0 mg/L ความเป็นพิษจะลดลงเมื่อค่า pH เป็นกลางหรือเป็นด่าง
Selenium (mg/L)	0.02	0.02	เป็นพิษต่อพืชที่มีปริมาณความเข้มข้นของซีลีเนียมในระดับที่ต่ำ
Vanadium (mg/L)	0.1	1.0	เป็นพิษต่อพืชหลายชนิดที่ปริมาณความเข้มข้นต่ำ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ตารางที่ 2-13 ค่าที่กำหนดสำหรับน้ำเสียที่นำกลับมาใช้ใหม่เพื่อการเพาะปลูก (ต่อ)

พารามิเตอร์	ใช้ในระยะยาว	ใช้ในระยะสั้น	ข้อสังเกต
Zinc (mg/L)	2.0	10.0	เป็นพิษต่อพืชหลายชนิดที่มีปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ความเป็นพิษจะลดลงเมื่อค่า pH เพิ่มขึ้น (6 หรือมากกว่า) และในดินที่ละเอียดหรือดินที่มีสารอินทรีย์ปนอยู่
pH	6.0		มีผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น มีผลต่อค่าโลหะหนัก มีความเป็นพิษดังที่ได้อธิบายในข้างต้น
TDS (mg/L)	500 - 2,000		ความเข้มข้นที่ต่ำกว่า 500 mg/L จะไม่เกิดผลกระทบต่อพืช ถ้าความเข้มข้น 500-1,000 mg/L จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อพืชที่มีความไวต่อสิ่งกระตุ้น และที่ความเข้มข้น 1,000-2,000 mg/L จะส่งผลกระทบต่อพืช โดยต้องมีการจัดการที่ให้ได้ตามมาตรฐาน
Free Chlorine Residual (mg/L)	<1		ความเข้มข้นมากกว่า 5 mg/L จะเกิดผลกระทบที่รุนแรงต่อพืช โดยพืชบางชนิดที่มีความไวต่อสิ่งกระตุ้น อาจจะเกิดผลกระทบได้ที่ระดับต่ำกว่า 0.05 mg/L

ที่มา : USEPA, 2004

2.8.4.3 เกณฑ์ของประเทศอื่นๆ

ปัจจุบันในหลายประเทศได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เพื่อการเกษตรกรรมอย่างแพร่หลาย ยกตัวอย่างเช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น แต่นอกจากนี้ก็ยังมีอีกหลายประเทศที่กำลังให้ความสนใจในเรื่องนี้ โดยเฉพาะประเทศที่มีการขาดแคลนน้ำใช้เพื่อการเกษตรกรรมในช่วงฤดูแล้ง วิธีการนี้จึงเป็นวิธีการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด แต่ก็ต้องทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียก่อนที่จะนำมาใช้เพื่อจะได้ไม่เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย พืชที่ปลูก และสิ่งแวดล้อม ซึ่งแต่ละประเทศก็จะมีเกณฑ์มาตรฐานในการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เพื่อการเกษตรกรรมที่แตกต่างกัน โดยสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 2-14 และในแต่ละประเทศก็มีการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน และมีเกณฑ์มาตรฐานที่ต่างกันด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2-15

ตารางที่ 2-14 เกณฑ์มาตรฐานของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วที่เหมาะสมสำหรับการเกษตรกรรมในแต่ละประเทศ

พารามิเตอร์	สหรัฐอเมริกา [1]		ออสเตรเลีย [2]		WHO [3]			จีน [4]		ซาอุดิอาราเบีย [1]
	Type 1	Type 2	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 3
pH	6.0		-	-	6.5 - 8			5.5 – 8.5	5.5 – 8.5	6 - 8.4
TSS (mg/L)	-	-	-	-	< 50	50 - 100	> 100	150	200	10
TDS (mg/L)	500 - 2000		-	-	< 450	450-2000	> 2000	1000-2000	1000-2000	-
BOD (mg/L)	-	-	-	-	-			80	80	10
COD (mg/L)	-	-	-	-	-			200	150	-
Total nitrogen (mg/L)			-	-	< 5	5 - 30	> 30	-	-	-
Turbidity (NTU)	-	-	-	-	-			-	-	1
Surfactants (mg/L)	-	-	-	-	-			5	5	-
Phenol (mg/L)	-	-	-	-	-			-	-	0.002
Coliform (count/100ml)	-	-	-	-	-			-	-	2.2
Free chlorine residual (mg/L)	< 1		-	-	-			-	-	-
Total residual chlorine (mg/L)	-	-	-	-	< 1	1 - 5	> 5	-	-	-
Bicarbonate (mg/L)	-	-	-	-	< 90	90 - 500	> 500	-	-	-
Hydrogen sulfide (mg/L)	-	-	-	-	< 0.5	0.5 – 2.0	> 2.0	-	-	-

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ตารางที่ 2-14 เกณฑ์มาตรฐานของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วที่เหมาะสมสำหรับการเกษตรกรรมในแต่ละประเทศ (ต่อ)

พารามิเตอร์	สหรัฐอเมริกา [1]		ออสเตรเลีย [2]		WHO [3]			จีน [4]		ซาอุดิอาราเบีย [1]
	Type 1	Type 2	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 3
Aluminum (mg/L)	5.0	20	5.0	20	5.0			-	-	5
Arsenic (mg/L)	0.1	2.0	0.1	2.0	0.1			0.05	0.05	0.1
Beryllium (mg/L)	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1			-	-	0.1
Boron (mg/L)	0.75	2.0	0.5	0.5-15	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0	1 - 3	1 - 3	0.5
Cadmium (mg/L)	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01			0.005	0.005	0.01
Chloride (mg/L)	-	-	-	-	-			250	250	280
Chromium (mg/L)	0.1	1.0	0.1	1.0	0.1			0.1	0.1	0.1
Cobalt (mg/L)	0.05	5.0	0.05	0.1	0.05			-	-	0.05
Copper (mg/L)	0.2	5.0	0.2	5.0	0.2			1.0	1.0	0.4
Cyanide (mg/L)	-	-	-	-	-			0.5	0.5	0.05
Fluoride (mg/L)	1.0	15.0	1.0	2.0	1.0			-	-	2.0
Iron (mg/L)	5.0	20.0	0.2	10	5.0			-	-	5.0
Lead (mg/L)	5.0	10	2.0	5.0	5.0			-	-	0.1
Lithium (mg/L)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5			-	-	0.07
Manganese (mg/L)	0.2	10	0.2	10	0.20			-	-	0.2

ตารางที่ 2-14 เกณฑ์มาตรฐานของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วที่เหมาะสมสำหรับการเกษตรกรรมในแต่ละประเทศ (ต่อ)

พารามิเตอร์	สหรัฐอเมริกา [1]		ออสเตรเลีย [2]		WHO [3]			จีน [4]		ซาอุดิอาราเบีย [1]
	Type 1	Type 2	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 3
Mercury (mg/L)	-	-	0.002	0.002	-			0.001	0.001	0.001
Molybdenum (mg/L)	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01			-	-	0.01
Nickel (mg/L)	0.2	2.0	0.2	2.0	0.20			-	-	0.02
Nitrate (mg/L)	-	-	-	-	-			-	-	10
Selenium (mg/L)	0.02	0.02	0.02	0.05	0.02			0.02	0.02	0.02
Uranium (mg/L)	-	-	0.01	0.1	-			-	-	-
Vanadium (mg/L)	0.1	1.0	0.1	0.5	0.10			-	-	-
Zinc (mg/L)	2.0	10.0	2.0	5.0	2.0			2	2	4

Type 1 : การใช้ในระยะยาว (Long-Term use)

Type 2 : การใช้ในระยะสั้น (Short-Term use)

Type 3 : ไม่จำกัดการใช้

Type 4 : จำกัดการใช้ปานกลาง (Slight to moderate)

Type 5 : จำกัดการใช้มาก (Severe)

Type 6 : สำหรับใช้ปลูกข้าว

Type 7 : สำหรับใช้ปลูกผัก

ที่มา : 1 = USEPA, 2004; 2 = Australian Health Ministers' Conference, 2006; 3 = WHO, 2006; 4 = Vigneswaran and Sundaravadivel, 2004

ใช้ประโยชน์เพื่อการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ตารางที่ 2-15 เกณฑ์มาตรฐานของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศ

พารามิเตอร์	คอสตาริกา [1]	อินเดีย [2]		อิสราเอล [3]		จอแดน [4]	ศรีลังกา [5]	สวิตเซอร์แลนด์ [6]	ไทย [7]	สหรัฐอเมริกา [8]
	Type 1 Type 2	Type 1	Type 3	Type 1	Type 3	Type 2 Type 4	Type 1	Type 1	Type 3	Type 2 Type 5
pH	5.0-9.0	5.5-9.0	5.5-9.0	7.0-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-8.5	-	6.5-8.5	6.0-9.0
Conductivity (μS/cm)	-	-	-	-	1400	-	-	-	2000	-
Turbidity (NTU)	-	-	-	-	-	10	-	-	-	2
TSS (mg/L)	-	100	200	10	10	50	50	-	30	-
Oil & Grease (mg/L)	30	10	10	1	-	8	10	-	5	-
COD (mg/L)	-	250	-	70	100	100	250	-	-	-
BOD_5 (mg/L)	40	30	100	10	10	30	30	20	20	10
NH_4-N (mg/L)	-	50	50	1.5	20	-	50	2	-	-
TN (mg/L)	-	-	-	10	20	45	-	-	-	-
TP (mg/L)	-	-	-	0.2	5	30	-	0.8	-	-
Fecal coliform (cfu/100 ml)	1000	-	-	200	10	-	-	-	-	0
E.coli (cfu/100 ml)	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-

Type 1 : ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำผิวดิน

Type 2 : พื้นที่ที่มีการเพาะปลูก

Type 3 : ไม่จำกัดการใช้ในการเพาะปลูก

Type 4 : สำหรับเพาะปลูกพืชที่ต้องนำมาผ่านการปรุงให้สุกก่อนรับประทาน

Type 5 : สำหรับเพาะปลูกพืชที่สามารถรับประทานได้โดยไม่ต้องผ่านการปรุงให้สุก

ที่มา : 1 = MdS, 1997; 2 = Central Pollution Board, 1993; 3 = Ministry of the Environment, 2003; 4 = Government of Jordan, 2003; 5 = CEA, 1990; 6 = Bundesamt für Umwelt, 1998; 7 = กรมควบคุมมลพิษ, 2545; 8 = USEPA, 2004

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2.8.5 มาตรฐานสารพิษในพืช

จากการค้นคว้าค่ามาตรฐานของโลหะหนักและสารกำจัดศัตรูพืชที่พบได้ในพืชทั้งภายในประเทศไทยและต่างประเทศที่สำคัญที่ต้องทำการตรวจวิเคราะห์ เพื่อที่จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค โดยเกณฑ์มาตรฐานที่ได้กำหนดไว้สูงสุด จะสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 2-16

ตารางที่ 2-16 ค่ามาตรฐานโลหะหนักและสารกำจัดศัตรูพืชในพืช

คุณสมบัติของพืช	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
ตะกั่ว (Pb)		
- พืชประเภทใบ	mg/kg	0.3 [ก,ค]
- พืชประเภทหัว และพืชประเภทผล	mg/kg	0.1 [ก,ค]
แคดเมียม (Cd)		
- พืชประเภทใบ	mg/kg	0.2 [ก,ค]
- พืชประเภทหัว และพืชประเภทผล	mg/kg	0.05 [ก,ค]
โครเมียม (Cr)	mg/kg	2.3 [ง]
ทองแดง (Cu)	mg/kg	20 [ข]
สังกะสี (Zn)	mg/kg	100 [ข]
ปรอท (Hg)	mg/kg	2 [ข], 0.1 [ค]
สารหนู (As)	mg/kg	0.5 [ข], 0.1 [ค]
สารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์แกนโนคลอรีน		
- พืชประเภทหัว		
- อัลดรินและดีลดริน (aldrin&dieldrin)	mg/kg	0.05 [ก]
- เอนดริน (endrin)	mg/kg	0.01 [ก]
- เฮปทาคลอร์ (heptachlor)	mg/kg	0.03 [ก]
- ดีดีที (DDT)	mg/kg	0.01 [ก]

[ก] สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2548)

[ข] ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน (2529)

[ค] Codex general standard for contaminants and toxins in foods (1995)

[ง] FAO/WHO Joint Codex Alimentarius Commission (2001)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2.9 ปริมาณน้ำฝนในระหว่างทำการศึกษา

ในระหว่างที่ทำการศึกษาเพาะปลูกพืชนั้น จะมีบางช่วงที่มีฝนตก ซึ่งปริมาณน้ำฝนที่ตกภายในเดือนที่ทำการศึกษา จะแสดงได้ดังตารางที่ 2-17

ตารางที่ 2-17 ปริมาณน้ำฝนในระหว่างที่ทำการศึกษา

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)
ธันวาคม 2551	1.2
มกราคม 2552	0.0
กุมภาพันธ์ 2552	1.9

ที่มา : ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาค ตอน. ตอนล่าง อ.เมือง จ.นครราชสีมา

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ