ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการปนเปื้อน

ไซยาไนด์

พัชรพล ศรีพลทัศน์ *นักวิทยาศาสตร์*
กองเคมีภัณฑ์และผลิตภัณฑ์อุปโภค

ไซยาไนด์ (Cyanide) เป็นชื่อเรียกกลุ่มสารประกอบที่ประกอบด้วย คาร์บอน (Carbon : C) 1 อะตอม และไนโตรเจน (Nitrogen : N) 1 อะตอม มีหลายชนิดและเป็นสารเคมีซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติอาจเกิดจากการทำปฏิกิริยาของสารเคมีต่าง ๆ ในธรรมชาติ หรือจากการขับถ่ายของเสีย หรือการสลายตัวของสารประกอบบางชนิดในธรรมชาติ และเป็นสารเคมีที่ทำปฏิกิริยาได้มากเป็นพิษสูงต่อชีวิตพืชและสัตว์ อาจอยู่ในรูปของสารละลายหรือก๊าซสามารถเข้าสู่ร่างกายอย่างรวดเร็วได้หลายทาง คือ ทางลมหายใจ ทางปาก และการดูดซึมของผิวหนัง โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. Free Cyanide เป็นไซยาไนด์อิสระที่อยู่ในรูปไซยาไนด์ไอออน (Cyanide Ion : CN^-) และไฮโดรเจนไซยาไนด์ (Hydrogen Cyanide : HCN) ทั้งที่อยู่ในรูปสารละลายและก๊าซ

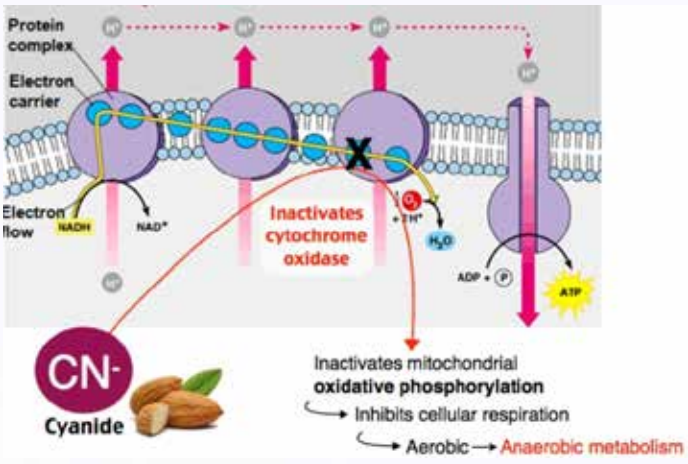
2. Simple Cyanide เป็นสารประกอบโลหะไซยาไนด์ที่อยู่ในรูปของเกลือไซยาไนด์

3. Complex Cyanide เป็นสารประกอบไซยาไนด์เชิงซ้อนกับโลหะอื่น ๆ เช่น สังกะสี ทองแดง และแคดเมียม เป็นต้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามความสามารถในการแตกตัว คือ กลุ่มที่แตกตัวเป็นไอออนอย่างอ่อน แตกตัวเป็นไอออนอย่างปานกลาง และ แตกตัวเป็นไอออนอย่างยาก

4. Total Cyanide เป็นสารประกอบทุกตัวที่มีไซยาไนด์ไอออนเป็นองค์ประกอบ ทั้งที่แตกตัวง่ายและแตกตัวยาก ซึ่งไม่รวมไซยาเนต (Cyanate : CNO^-) และไธโอไซยาเนต (Thiocyanate : SCN^-)

5. Related Compound เป็นสารประกอบที่เกี่ยวข้องกับไซยาไนด์มีหลายชนิด อาจเกิดจากกระบวนการบำบัดไซยาไนด์ หรืออาจเกิดจากการทำปฏิกิริยากับสารอื่นในธรรมชาติ ทำให้เกิดสารประกอบต่าง ๆ เช่น ไซยาเนต (Cyanate : CNO^-) และ ไธโอไซยาเนต (Thiocyanate : SCN^-) เป็นต้น

แหล่งกำเนิดความเป็นพิษของไซยาไนด์ที่สำคัญ ส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ได้แก่ การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทั้งนี้ ไซยาไนด์ได้ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมการชุบและแปรรูปโลหะ การทำเหมืองแร่ การกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม การผลิตยารักษาโรค เป็นต้น รวมไปถึงนำไซยาไนด์ไปใช้เป็นอาวุธในสงครามโลกครั้งที่ 2 และยังนำไปใช้ในการประหารชีวิตนักโทษในประเทศสหรัฐอเมริกาด้วย อย่างไรก็ตามอันตรายจากการได้รับพิษไซยาไนด์ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ วิธีการรับสารพิษ ความเข้มข้น และรูปของสารประกอบ ซึ่งสามารถแบ่งการได้รับพิษเป็น 2 แบบ ดังนี้



รูปที่ 1 กระบวนการขัดขวางการสร้าง เอทีพี ของไซยาไนด์
ที่มา : EMDOCS (2020)

1. ความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน มักเกิดกับผู้ที่ต้องทำงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้หรือการผลิตสารประกอบไซยาไนด์ในปริมาณความเข้มข้นสูง เป็นระยะเวลาสั้น ๆ

2. ความเป็นพิษแบบเรื้อรัง มักเกิดจากการรับประทานอาหารที่มีไซยาไนด์ในปริมาณความเข้มข้นต่ำแต่ได้รับเป็นระยะเวลานาน มักไม่ค่อยพบความเป็นพิษแบบเรื้อรังและไม่ทำให้เป็นอันตรายถึงแก่ชีวิต เนื่องจากร่างกายของมนุษย์มีกลไกการลดพิษของไซยาไนด์ไม่ให้เกิดการสะสมในร่างกายเป็นเวลานาน แต่จะส่งผลต่อระบบการหายใจ เจ็บหน้าอก ปวดศีรษะ อาเจียน เป็นต้น

ถ้าร่างกายได้รับไซยาไนด์ในปริมาณสูงต่อครั้ง ร่างกายจะไม่สามารถกำจัดไซยาไนด์ได้ทันที กลไกเกิดพิษของไซยาไนด์เมื่อเข้าสู่กระแสเลือดจะเข้าไปยับยั้งการหายใจระดับเซลล์ โดยการขัดขวางการสร้างเอทีพี (Adenosine Triphosphate : ATP) ทำให้เกิดภาวะพร่องออกซิเจน มีผลทำให้การหายใจหยุดชะงักและถึงแก่กรรมได้

ตารางที่ 1 ความเป็นพิษของสารประกอบไซยาไนด์

สารประกอบ	สูตรทางเคมี	สถานะ	TLV/[1]	LD50/[2]
Hydrogen Cyanide	HCN	ก๊าซ	5 mg/m3	1 mg/kg Human
Potassium Cyanide	KCN	ของแข็ง	5 mg/m3	2.85 mg/kg Human
Sodium Cyanide	NaCN	ชองแข็ง	5 mg/m3	2.85 mg/kg Human
Cyanogen Chloride	CNCl	ก๊าซ	0.3 ppm	
Sodium Cyanate	NaCNO	ของแข็ง		260 mg/kg Mice
Potassium Cyanate	KCNO	ของแข็ง		320 mg/kg Mice
Potassium Ferric Cyanide	K3[Fe(CN)6]	ของแข็ง		1,600 mg/kg Rat

TLV/1 คือ ระดับสารเคมีที่สามารถรับสัมผัสได้ตลอดระยะเวลาในการปฏิบัติงาน โดยไม่เกิดผลไม่พึงประสงค์ใด ๆ ต่อสุขภาพ

LD50/2 คือ ขนาดของสารเคมีที่สัตว์ทดลองได้รับทำให้สัตว์ทดลองตาย ร้อยละ 50 หรือขนาดของสารเคมีที่ทำให้สัตว์ทดลองตายเพียงครึ่งหนึ่งของจำนวนสัตว์ทดลองทั้งหมด

ที่มา : จุฑารัตน์ (2547)

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นของสารประกอบไซยาไนด์ที่ก่อให้เกิดพิษต่อสิ่งมีชีวิต

สารประกอบ	ระดับความเข้มข้น (mg/L)
Potassium Cyanide	0.02 - 0.3
Sodium Cyanide	0.02 - 0.3
Zinc Cyanide	0.02 - 0.3
Cadmium Cyanide	0.02 - 0.3
Copper Cyanide	0.4 - 4.0
Nickel Cyanide	0.4 (pH 6.5) - 730 (pH 8.0)
Iron Cyanide	300 (In Darkness)
Less Than	0.2 (In Light)

ที่มา : จุฑารัตน์ (2547)

ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมจากการปนเปื้อนไซยาไนด์ มีดังนี้

1. ผลกระทบต่อมนุษย์ ความรุนแรงของอาการจากการได้รับพิษไซยาไนด์ ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้น ชนิดของสารประกอบไซยาไนด์ ปริมาณการดูดซับ และระยะเวลาการสัมผัส อาการไม่รุนแรง จะมีอาการอ่อนเพลีย หายใจขัดข้อง ปวดศีรษะ หน้ามืด วิงเวียน กระวนกระวาย และอาเจียน ถ้าได้รับไซยาไนด์ในปริมาณที่ไม่มากนัก แต่หากถึงขั้นอาการรุนแรง อาจทำให้การหายใจหยุดชะงัก หมดสติ และอาจเสียชีวิตได้

2. ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อปลา ซึ่งเป็นสัตว์ที่ไวต่อความเป็นพิษของไซยาไนด์ที่สุด มีผลทำให้ว่ายน้ำได้ช้าลง ยับยั้งระบบสืบพันธุ์ ทำให้ตาย ส่วนสาหร่ายและพืชน้ำจะไม่แสดงผลกระทบต่อระดับความเป็นพิษของไซยาไนด์ที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ

3. ผลกระทบต่อนก นกเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความไวต่อพิษของไซยาไนด์รองลงมาจากปลา มีผลทำให้มีอาการหอบ กระพริบตา น้ำลายไหล และเซื่องซึม แต่ถ้านกได้รับในปริมาณที่เข้มข้นสูงจะมีอาการหายใจติดขัดและอาจถึงตายได้

4. ผลกระทบต่อพืช ยังไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชต้องมีการศึกษาวิจัยต่อไป

5. ผลกระทบต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม พบค่อนข้างบ่อยมาก เนื่องจากพืชจำนวนมากที่มีการปนเปื้อนสารประกอบไซยาไนด์ เช่น ข้าวฟ่าง ข้าวโพด กะหล่ำปลี เมล็ดอัลมอนด์ มันสำปะหลัง เป็นต้น เมื่อได้รับพิษแบบเฉียบพลันจะมีอาการกล้ามเนื้อกระตุก น้ำลายไหล หายใจติดขัด การทำงานกล้ามเนื้อไม่ประสานกัน หอบ ชัก เป็นต้น

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมที่ใช้สารไซยาไนด์ในกระบวนการต่าง ๆ จำเป็นต้องมีการตระหนักต่อความเป็นพิษของไซยาไนด์อยู่เสมอ ควรต้องมีมาตรการความปลอดภัยและการติดตามตรวจสอบ ไม่ให้เกิดการรั่วไหลหรือปนเปื้อนลงสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งในเชิงสิ่งแวดล้อมรูปของไซยาไนด์ที่ได้รับความสนใจเป็นพิเศษ คือ Total Cyanide ซึ่งเป็นกลุ่มของสารประกอบทุกตัวที่มีไซยาไนด์เป็นองค์ประกอบ ถ้าปริมาณไซยาไนด์ที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมไม่สูงเกินไป ธรรมชาติมีกลไกที่สามารถลดความเป็นพิษของไซยาไนด์ได้ การบำบัดไซยาไนด์ในน้ำเสีย จนอยู่ในระดับที่ปลอดภัย โดยทั่วไปหลังจากการบำบัดน้ำเสียควรมีปริมาณความเข้มข้นของไซยาไนด์เหลืออยู่น้อยกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน พ.ศ. 2560 ดังนั้นการวิเคราะห์ไซยาไนด์ปริมาณน้อย ๆ ให้ได้ผลถูกต้องและแม่นยำจึงมีความจำเป็น การวิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์ในน้ำเสียตามวิธีมาตรฐาน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA, 24th Edition โดยขั้นตอนแรก คือ การกลั่นไซยาไนด์จากตัวอย่างน้ำเสีย จากนั้นนำตัวอย่างที่ผ่านการกลั่นไซยาไนด์ และทำปฏิกิริยากับไพริดีน - กรดบาบิทุริก เกิดเป็นสารละลายสีแดง นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ยูวี - วิสิเบิลที่ความยาวคลื่น 578 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน KCN ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วจึงคำนวณหาค่าปริมาณไซยาไนด์ในตัวอย่างน้ำเสียต่อไป

กลุ่มคุณภาพสิ่งแวดล้อม กองเคมีภัณฑ์และผลิตภัณฑ์อุปโภค กรมวิทยาศาสตร์บริการ เป็นหน่วยงานภาครัฐที่ให้บริการวิเคราะห์ทดสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมในน้ำเสีย/น้ำทิ้ง เช่น ความเป็นกรด - ด่าง, ซีโอดี, ทีเคเอ็น, โลหะหนัก, น้ำมันและไขมัน, ไซยาไนด์ เป็นต้น ตามวิธีมาตรฐาน และได้รับการรับรองคุณภาพห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 จากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และวิธีทดสอบดังกล่าวเป็นไปตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน พ.ศ. 2560 ทำให้มั่นใจได้ว่าให้ผลการทดสอบมีความถูกต้อง แม่นยำ น่าเชื่อถือ ผู้สนใจสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ โทรศัพท์ 02 201 7211-2 หรืออีเมล chemistry@dss.go.th

อ้างอิง :

1. จุฑารัตน์ อาชวรัตน์ถาวร. 2547. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไซยาไนด์. [ออนไลน์] [อ้างถึงวันที่ 19 ธันวาคม 2566] เข้าถึงจาก:https://www.dpim.go.th/articles/article?catid=125&articleid=3240
2. EMDOCS. “Cyanide Toxicity” [ออนไลน์] [อ้างถึงวันที่ 19 ธันวาคม 2566] เข้าถึงจาก: http://www.emdocs.net/em3am-cyanide-toxicity, 2020.
3. International Cyanide Management Code. “Cyanide Facts.” [ออนไลน์] [อ้างถึงวันที่ 19 ธันวาคม 2566] เข้าถึงจาก:https://cyanidecode.org/cyanide-facts/