

ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้

# เรื่อนำรู้เกี่ยวกับไดออกซิน

## (Dioxins)



สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มีนาคม 2553

ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้

# เรื่อนำรู้เกี่ยวกับไดออกซิน

## (Dioxins)



สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มีนาคม 2553

# คำนำ

ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ เรื่อง “เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับไดออกซิน(Dioxins)” ฉบับนี้ สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้จัดทำขึ้นภายใต้โครงการเครือข่ายห้องสมุดอิเล็กทรอนิกส์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ โครงการย่อยที่ 2 โครงการเพิ่มศักยภาพการเข้าถึงสารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในรูปแบบ Digital Library กิจกรรมย่อย 2.5 ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ (Information Repackaging) ในส่วนของสารน่ารู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจากต่างประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้นี้ให้ผู้ใช้ได้เข้าถึงสารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่ายและสะดวกพร้อมใช้ เอกสารประมวลพร้อมใช้ฉบับนี้ให้ความรู้เกี่ยวกับ ไดออกซินซึ่งเป็นสารมลพิษอินทรีย์ที่ตกค้างยาวนาน 1 ใน 12 ชนิดที่ต้องมีการควบคุมและลดการปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม คุณสมบัติของไดออกซิน การเกิดและแหล่งกำเนิด ความเป็นพิษที่มีต่อร่างกาย การกระจายตัวของไดออกซินสู่สิ่งแวดล้อม การตรวจวัดสารไดออกซิน การจัดการกากของเสียไดออกซิน มาตรฐานการควบคุมสารไดออกซินในประเทศไทยและในระดับโลก

คณะผู้จัดทำหวังว่า ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ที่สนใจศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับไดออกซิน โดยเอกสารฉบับเต็มที่ใช้ในการเรียบเรียงประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ฉบับนี้ได้รวบรวมจัดเก็บ และให้บริการ ณ บริเวณห้องอ่านชั้น 2

ศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มีนาคม 2553

# สารบัญ

## หน้า

บทคัดย่อ	1
คำสำคัญ	1
บทนำ	2
ไดออกซินคืออะไร	2
คุณสมบัติของสารไดออกซิน	4
การเกิดและแหล่งกำเนิดไดออกซิน	4
ความเป็นพิษของไดออกซินที่มีต่อร่างกาย	6
การกระจายตัวของสารไดออกซินลงสู่สิ่งแวดล้อม	8
การตรวจวัดสารไดออกซิน	12
การจัดการกากของเสีย	13
มาตรฐานควบคุมสารไดออกซินของประเทศไทย	14
มาตรฐานควบคุมไดออกซินและฟิวแรนในระดับโลก	15
บทสรุป	16
เอกสารอ้างอิง	17

## เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับไดออกซิน (Dioxins)

### บทคัดย่อ

ไดออกซิน เป็นสารพิษที่มีความเป็นพิษสูงและเป็นสารก่อมะเร็งที่สามารถตกค้างได้ยาวนาน สามารถถ่ายทอดได้ทางห่วงโซ่อาหารในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม จากความพยายามของนานาชาติที่จะควบคุมสารเคมีประเภทต่าง ๆ ที่มีความเป็นพิษสูง ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ได้เข้าร่วมลงนามเป็นภาคีตามอนุสัญญาสตอกโฮล์มในเดือนมกราคม พ.ศ. 2548 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อคุ้มครองสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมจากสารมลพิษอินทรีย์ที่ตกค้างยาวนานเบื้องต้น 12 ชนิดและไดออกซินก็เป็นกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการปรับลดการปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม โดยมุ่งประเด็นการออกมาตรการควบคุมแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ การติดตามตรวจสอบการตกค้างในสิ่งแวดล้อม การแนะนำเทคนิคเพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีที่สุด เนื่องจากการตรวจวิเคราะห์สารในกลุ่มไดออกซินนั้นค่อนข้างซับซ้อนและต้องลงทุนสูงด้านเครื่องมือและเทคนิค ขณะนี้ประเทศไทยยังไม่สามารถตรวจวิเคราะห์สารในกลุ่มนี้ได้ และต้องส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ที่ต่างประเทศซึ่งเสียค่าใช้จ่ายแพงมาก บทความนี้จัดทำโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจให้กับประชาชนเกี่ยวกับการควบคุมมลพิษไดออกซินและการลดสารมลพิษในกลุ่มดังกล่าวลงเพื่อการบริโภคอย่างยั่งยืนและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

**คำสำคัญ :** ไดออกซิน; ฟิวแรน; สารมลพิษอินทรีย์ที่ตกค้างยาวนาน

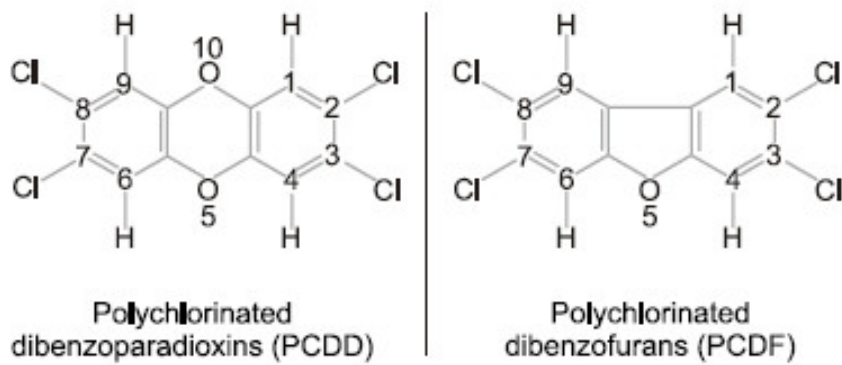
**Keywords :** Dioxins; Furans; Persistent organic pollutants; Polychlorinated dibenzo-p-dioxins; polychlorinated dibenzofuran

## 1. บทนำ

มนุษย์นำสารเคมีมาใช้เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น ขณะเดียวกันมนุษย์ก็ได้รับผลกระทบต่อสุขภาพจากสารเคมีเช่นกัน ปัญหาสุขภาพอนามัยของประชาชนที่ได้รับผลกระทบซึ่งเกิดจากกิจกรรมอุตสาหกรรมและการเกษตร นับเป็นปัญหาสำคัญไม่เฉพาะในประเทศไทยเท่านั้นแต่ยังเป็นปัญหาระดับโลก ปัจจุบันมนุษย์จึงได้รับผลกระทบจากการใช้สารเคมีหลายชนิด รวมทั้งสารมลพิษที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ทำให้เกิดปัญหาสุขภาพและสารตกค้างยาวนานในสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหารและระบบนิเวศน์ โดย 50-60 ปีที่ผ่านมา ปัญหาสารเคมีตกค้างที่ยาวนานแสดงให้เห็นถึงพิษภัยจากการใช้สารเคมีอย่างชัดเจนมากขึ้นทั่วโลก ทำให้เกิดความร่วมมือและทำข้อตกลงระหว่างประเทศขึ้น หนึ่งในความร่วมมือนั้นคือข้อตกลงเป็นภาคีตามอนุสัญญาสตอกโฮล์ม ซึ่งประเทศไทยได้ร่วมลงนามตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2548 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดการปลดปล่อยสารมลพิษอินทรีย์กลุ่มที่ตกค้างยาวนาน (persistent organic pollutants, POPs) ซึ่งสารเหล่านี้แบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน (organochlorine) กลุ่มพีซีบี (polychlorinated biphenyls: PCBs) และกลุ่มไดออกซิน (polychlorinated dibenzo-p-dioxins: PCDDs) และฟิวแรน (polychlorinated dibenzofurans : PCDFs) รวมทั้งสิ้น 12 ชนิดคือ อัลดริน (aldrin) คลอเดน (chlordane) ดีดีที (DDT) ดีลด์ริน (dieldrin) เอนดริน (endrin) เฮปตะคลออร์ (heptachlor) เฮกซะคลอโรเบนซีน (hexachlorobenzene) ไมเร็กซ์ (mirex) ท็อกซาฟีน (toxaphene) พีซีบี (polychlorinated biphenyls) ไดออกซิน (polychlorinated dibenzo-para-dioxins: PCDDs) และฟิวแรน ( polychlorinated dibenzo furan: PCDFs) (กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

## 2. ไดออกซินคืออะไร

ไดออกซิน (dioxins) เป็นผลิตภัณฑ์ทางเคมีที่เกิดขึ้นมาโดยมิได้ตั้งใจผลิตขึ้น (unintentional products) จากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เป็นสารประกอบในกลุ่มคลอรีเนตเตด อะโรมาติก (chlorinated aromatic compounds) ที่มีออกซิเจน (O) และคลอรีน (Cl) เป็นองค์ประกอบ 1 ถึง 8 อะตอม ไดออกซิน มีชื่อเรียกเต็ม คือ โพลีคลอรีเนตเตดไดเบนโซ พารา-ไดออกซิน (polychlorinated dibenzo-para-dioxins: PCDDs) มีทั้งหมด 75 ชนิด และสารอีกกลุ่มที่มีโครงสร้าง และความเป็นพิษคล้ายกับไดออกซิน เรียกว่า Dioxin like สารกลุ่มนี้คือ ฟิวแรน มีชื่อเรียกเต็มคือ โพลีคลอรีเนตเตดไดเบนโซ ฟิวแรน (polychlorinated dibenzo furan: PCDFs) มีอยู่ 135 ชนิด โดยไดออกซิน/ฟิวแรน มีทั้งหมด 210 ชนิด (75+135) ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่มีสารคลอรีน (Cl) บนวงแหวนของเบนซีน (benzene ring) (จารุพงศ์ บุญหลง, 2547) ดังแสดงในรูปที่ 1 และจำนวนไอโซเมอร์ (isomer) ของไดออกซินและฟิวแรน ดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างพื้นฐานของไดออกซิน (PCDDs) และพีวเรน (PCDFs) (Holtzer, Daňko, and Daňko, 2007)

ตารางที่ 1 ไอโซเมอร์ของไดออกซินและพีวเรน

จำนวนคลอรีนอะตอม	จำนวนไอโซเมอร์ของไดออกซิน (PCDDs)	จำนวนไอโซเมอร์ของพีวเรน (PCDFs)
1	2	4
2	10	16
3	14	28
4	22	38
5	14	28
6	10	16
7	2	4
8	1	1
รวม	75	135

ที่มา : Rappe, C. (1996)

### 3. คุณสมบัติของสารไดออกซิน

โครงสร้างของสารไดออกซิน/ฟิวแรน ที่ประกอบด้วยคลอรีนอะตอมเกาะเกี่ยวด้วยพันธะทางเคมีกับวงแหวนเบนซีน ละลายได้ดีในไขมัน ทำให้สารในกลุ่มนี้มีความคงทนสูงอยู่ในสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิต ละลายน้ำได้น้อย สามารถถ่ายทอดและสะสมได้ในห่วงโซ่อาหาร (food chain) สามารถเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายในอากาศและตกลงสู่ดิน รวมทั้งแหล่งน้ำ สามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม มีความเป็นพิษโดยมีการจัดการลำดับความเป็นพิษของ WHO ซึ่งเทียบให้เป็นสารที่มีความเป็นพิษระดับ 1 ซึ่งคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของไดออกซินและฟิวแรน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของสารไดออกซินและฟิวแรน

คุณสมบัติ	PCDDs	PCDFs
จุดหลอมเหลว (°C)	89 -322	184-258
จุดเดือด(°C)	284-510	375-537
Log K <sub>ow</sub>	4.3-8.2	5.4-8.0
Half life (อากาศ)	2 วัน – 3 สัปดาห์	1 – 3 สัปดาห์
Half life (น้ำ)	2 เดือน – 6 ปี	3 วัน – 8 เดือน
Half life (ดิน)	2 เดือน – 6 ปี	8 เดือน – 6 ปี
Half life (ตะกอนดิน)	8 เดือน – 6ปี	2 ปี – 6 ปี

ที่มา : Olie, K., Addink, R., and Schoonenboom, M. (1998)

### 4. การเกิดและแหล่งกำเนิดไดออกซิน

สารกลุ่มไดออกซิน/ฟิวแรนที่เกิดขึ้นในรูปของผลผลิตพลอยได้จากหลายกระบวนการและแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. กระบวนการผลิตเคมีภัณฑ์ที่มีคลอรีนโบรมีน ฟีนอล เป็นองค์ประกอบ เช่น 2,4,5 – T (herbicide) และ pentachlorophenol (Rappe, C., 1996)

2. กระบวนการเผาไหม้จากเตาเผาอุณหภูมิสูง (incinerator) เช่น เตาเผาขยะชุมชน เตาเผาขยะติดเชื้อ เตาเผาขยะอันตราย หรือ กากอุตสาหกรรม กระบวนการหลอมโลหะ ซึ่งพบสารไดออกซิน/ ฟิวแรนในกากของเถ้าลอย (fly ash) อากาศที่ปลดปล่อยจากปล่องควัน และน้ำชะเตาเผา รวมถึงเตาเผาหลอมโลหะที่มีโลหะประเภทต่าง ๆ รวมอยู่ด้วย เช่น อุตสาหกรรมรีไซเคิลโลหะ อุตสาหกรรมหลอมอะลูมิเนียม โลหะทองแดง



แมงกานีส และนิกเกิล (Olie, K., Addink, R., and Schoonenboom, M., 1998) การเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงจะเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาต่างๆ เช่น ไพโรไลซิส (pyrolysis) กระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊ส (gasification) และการเผาไหม้ (combustion) และธาตุต่าง ๆ เช่น คาร์บอน คลอรีน ไฮโดรเจน และออกซิเจน โดยการเกิดไดออกซินและฟิวแรน ดังแสดงในสมการที่ 1 (Moreno-Pirajan, JC., et al., 2007)



3. กระบวนการทางธรรมชาติ หรือ กิจกรรมของมนุษย์ที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ เช่น chlorophenol hydrogen peroxide จากโรงงานกระดาษ การผลิตเยื่อกระดาษ หรือการทับถมของขยะ แหล่งกำเนิดสารกลุ่มไดออกซิน/ฟิวแรน ที่ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมซึ่งจากการศึกษาของประเทศเนเธอร์แลนด์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แหล่งกำเนิดสารและปริมาณไดออกซิน/ฟิวแรนที่ปล่อยสู่อากาศในประเทศสหรัฐอเมริกา เนเธอร์แลนด์ และเยอรมัน (จารุพงศ์ บุญหลง, 2547)

แหล่งกำเนิด	ปริมาณ ไดออกซิน / ฟิวแรน (g -TEQ/ year)		
	สหรัฐ (พ.ศ. 2538)	เยอรมัน (พ.ศ.2538)	เนเธอร์แลนด์
เตาเผาขยะโรงพยาบาล	477	0.1	-
เตาเผาขยะชุมชน	1,100	30	382
เตาเผาหลอมโลหะ	0.38	168	26
เตาเผาขยะสารอันตราย	5.7	2	-
กระบวนการแปรรูปโลหะ	17.0 (อะลูมิเนียม)	5.69 (อุตสาหกรรมเหล็ก)	4.0
	541 (ทองแดง)	-	-
โรงงานผลิตสารเคมี	-	-	0.5
การใช้ไม้ที่ได้รับการรักษาเนื้อไม้	-	-	25
การใช้อ่านหินเป็นเชื้อเพลิง	72.8	14.2	16.7
การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะ	33.5 (ดีเซล)	4.7	7.0
	6.3 (ไร้สารตะกั่ว)	-	-
การเผาไม้	62.5 (ที่อยู่อาศัย)	2.7	-
	29.1 (อุตสาหกรรม)	-	-
การเผาไหม้ที่ควบคุมไม่ได้	208 (ป่าไม้ฟาง)	-	-
การใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง	9.3	1.59	-

4. กระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีแสง (photochemical reaction) ภายใต้บรรยากาศ ทำให้ไดออกซินปลดปล่อยสู่บรรยากาศและเคลื่อนย้ายไปได้ไกล (Oka, H., et al., 2006; Steen, PO., et al., 2009)

## 5. ความเป็นพิษของไดออกซินที่มีต่อร่างกาย (ปิยานี ตั้งทองทวี, 2546)

**5.1 พิษเฉียบพลัน** ไดออกซินไม่ทำให้เกิดอาการพิษหรือตายอย่างเฉียบพลัน แต่อาการจะค่อยๆเกิดขึ้น และทวีความรุนแรงจนถึงแก่ชีวิตได้ภายในเวลา 14–28 ชั่วโมง อาการที่จัดเป็นลักษณะของพิษที่เกิดจากสารไดออกซินคือ อาการที่เรียกว่า “Wasting Syndrome” โดยลักษณะอาการแบบนี้จะเกิดการสูญเสียน้ำหนักตัวอย่างรวดเร็วจากการได้รับสารเป็น 2-3 วัน นอกจากนี้ส่วนมากเกิดอาการฟ่อของต่อมไทมัส มีอาการผิดปกติของตับ เลือดออกในอวัยวะต่างๆ มีอาการอัมพาตของมือ น้ำหนักต่อมลูกหมากและมดลูกเล็กลง น้ำหนักของต่อมไทรอยด์เพิ่มขึ้น การสร้างเม็ดเลือดของไขกระดูกลดต่ำ อาการที่เห็นได้ชัดเจนคือ ผิวหนังอักเสบ เป็นตุ่มผิวหนังดำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณใบหน้าเรียกโรคผิวหนังนี้ว่า “Chloraone” ผิวหนังมีสีเข้มขึ้นและสีของเล็บจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เยื่อตาอักเสบ ไดออกซินเป็นสารก่อมะเร็งที่สามารถเกิดขึ้นได้กับอวัยวะต่างๆ โดยเฉพาะตับ อีกทั้งยังทำให้ภูมิคุ้มกันบกพร่องและทำให้เกิดความผิดปกติของฮอร์โมนเพศ เช่น การสืบพันธุ์โดยสารไดออกซินมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนในกระแสเลือด ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ทดลองและปริมาณของสาร ซึ่งความผิดปกติของระบบสืบพันธุ์ของเพศผู้และเพศเมียมีดังนี้คือในเพศเมียจะมีการผสมพันธุ์แล้วไม่สามารถตั้งท้องได้จนครบกำหนด จำนวนลูกต่อครอกลดลง การทำงานของรังไข่ผิดปกติหรือไม่ทำงาน วงจรการเป็นสัตว์ (การผสมพันธุ์) ผิดปกติ และมีเนื้อเยื่อมดลูกเจริญเติบโตภายนอกมดลูก ส่วนในเพศผู้พบว่า ไดออกซินทำให้น้ำหนักของอวัยวะและอวัยวะอื่นๆ ที่เกี่ยวกับการสืบพันธุ์ลดลง อัมพาตมีรูปร่างผิดปกติ การสร้างเชื้อสุมิลลดลง ทำให้ความสำเร็จของการผสมพันธุ์ลดลง มีความไวต่อสารไดออกซินต่างกัน เช่น ลิง และหนู จะมีความไวต่อสารในระดับต่ำสุดที่ 1 ไมโครกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน และรับสารต่อเนื่องกันนาน 13 สัปดาห์ มีผลทำให้การสร้างสุมิลลดลง

**5.2 พิษเรื้อรัง** ไดออกซิน/ฟิวแรน จะทำให้น้ำหนักตัวลดลงและเกิดความผิดปกติที่ตับ ทำให้เซลล์ตับตาย และเกิดอาการโรคผิวหนังอักเสบ ไดออกซินที่มีความเป็นพิษมากที่สุดคือ 2,3,7,8-Tetra CDD (ประกอบด้วยคลอรีน 4 อะตอม) ซึ่งวิธีการหา total toxicity (ความเป็นพิษทั้งหมด) ของ PCDDs/PCDFs จะแสดงโดยค่า I-TEQ (International Toxic Equivalent) โดยแต่ละสารประกอบจะประเมินจากค่า I-TEF (International Toxic Equivalent Factor) ซึ่งค่า I-TEF ของ 2,3,7,8-Tetra CDD ที่มีความเป็นพิษมากที่สุดนี้เท่ากับ 1 (Holtzer, M., Daňko, J., and Daňko, R., 2007) ซึ่งค่าความเป็นพิษของไดออกซินและฟิวแรนแต่ละตัวที่สามารถเกิดขึ้นได้หลายไอโซเมอร์ หรือที่เรียกว่า “คอนจินเนอร์” (congeners) นั้นแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าความเป็นพิษของไดออกซินและฟิวแรนกำหนดโดย NATO/CCMS(ปี 1988) และ WHO (ปี1997)

congeners	TEF	TEF
	NATO/CCMS(1988)	WHO (1997)
<b><i>Dibenzo-p-dioxins</i></b>		
2,3,7,8-Tetra CDD	1.0	1.0
1,2,3,7,8-Penta CDD	0.5	1.0
1,2,3,4,7,8-Hexa CDD	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-Hexa CDD	0.1	0.1
1,2,3,,8,9-Hexa CDD	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-Hepta CDD	0.01	0.01
1,2,3,4,6,7,8,9-Octa CDD	0.001	0.001
<b><i>Dibenzofurans</i></b>		
2,3,7,8-Tetra CDF	0.1	0.1
1,2,3,7,8-Penta CDF	0.05	0.05
2,3,4,7,8-PentaCDF	0.5	0.5
1,2,3,4,7,8-HexaCDF	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-HexaCDF	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-HexaCDF	0.1	0.1
2,3,4,6,7,8-HexaCDF	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF	0.01	0.01
1,2,3,4,7,8,9-Hepta CDF	0.01	0.01
1,2,3,4,6,7,8,9-Octa CDF	0.001	0.0001

ที่มา : จารุพงศ์ บุญหลง (2547) ; Ministry of Environment and Energy of Canada (2008)

หมายเหตุ TEF = Toxicity Equivalent Factor

จากการศึกษาผลกระทบต่อคนเนื่องจากอุบัติเหตุในอดีต เช่น การระเบิดของโรงงานผลิตสารเคมี (Seveso ประเทศอิตาลี ค.ศ.1976) ทำให้คนงานได้รับผลกระทบ คือ ตรวจพบมะเร็งที่ตับ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติของเอ็นไซม์ในตับ ผิวหนังมีอักเสบลักษณะเป็นสิิวหัวดำมีอาการระบบภูมิคุ้มกันบกพร่อง โดยมีผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาว ซึ่งมีผู้ได้รับผลต่อเนื่องนานถึง 20 ปี

## 6. การกระจายตัวของสารไดออกซินลงสู่สิ่งแวดล้อม (พล สาเททอง, 2549)

การกระจายของสารไดออกซินสู่สิ่งแวดล้อมมีหลายวิธี ดังนี้

1. การกระจายสู่แหล่งน้ำ ในประเทศต่างๆ ทั่วโลกได้กำหนดปริมาณไดออกซินที่มนุษย์สามารถรับเข้าไปในร่างกายทางน้ำและยอมรับได้ (acceptable human intake limits) ดังแสดงในตารางที่ 5 โดยกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เมืองออนตาริโอ ประเทศแคนาดาได้กำหนดปริมาณไดออกซินในน้ำดื่ม (drinking water) ไว้ที่ 15 pg/L TCDD TEQ และระดับการปนเปื้อนของสูงสุดสำหรับ TCDD กำหนดโดยประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S EPA) เท่ากับ 0.03 ng/L และเนื่องจากไดออกซินเป็นสารที่ละลายน้ำได้ดีจึงถูกดูดซับอยู่บนตะกอน ดังนั้นจะพบว่าในน้ำดื่มจะมีสารไดออกซินอยู่น้อยมากคือ น้อยกว่า 1 พิโคกรัม (pg) น้ำดื่มที่มีสารไดออกซิน 0.5 พิโคกรัม จะทำให้เกิดการแพร่กระจายของสารไดออกซินเข้าสู่ร่างกายมนุษย์สูงถึง 1,000 พิโคกรัม ต่อ วัน หรือมากกว่า 10 พิโคกรัม ต่อ กิโลกรัม ต่อ วัน สำหรับคนที่มีน้ำหนักประมาณ 100 กิโลกรัม

ตารางที่ 5 ปริมาณไดออกซินที่มนุษย์สามารถรับเข้าไปในร่างกายทางน้ำและยอมรับได้ กำหนดโดย WHO

การรับสารไดออกซินของมนุษย์	ระดับของสารไดออกซิน/น้ำหนักตัว (body weight)/วัน
ออสเตรเลีย	2.33 pg TEQ/kg bw/day
ออสเตรีย	10 pg TCDD /kg bw/day
แคนาดา	10 pg TEQ/kg bw/day
เดนมาร์ก	5 pg TCDD /kg bw/day
คณะกรรมการยุโรป	2 pg TEQ/kg bw/day
ฟินแลนด์	5 pg TCDD /kg bw/day
ฝรั่งเศส	1 pg TCDD /kg bw/day
เยอรมนี	1 pg TCDD /kg bw/day
อิตาลี	10 pg TCDD /kg bw/day
ญี่ปุ่น	4 pg TEQ/kg bw/day
นิวซีแลนด์	1 pg TEQ/kg bw/day
สวีเดน	5 pg TCDD /kg bw/day
เนเธอร์แลนด์	1 pg TCDD /kg bw/day
อังกฤษ	10 pg TEQ/kg bw/day
สหรัฐอเมริกา (EPA 1996)	0.006 pg TEQ/kg bw/day
องค์การอนามัยโลก (WHO)	1-4 pg TEQ/kg bw/day

ที่มา : Rodriguez, C., et al. (2008)

2. การกระจายสู่ดิน ไดออกซินสามารถปนเปื้อนได้ในดินจากกระบวนการเผาไหม้และการทับถม (deposition) ของไดออกซินและพีวเรน ซึ่งพบได้ที่ชั้นบนสุดของผิวหน้าดิน (Brambilla, G., et al., 2004) เนื่องจากไดออกซินมีความสามารถในการละลายน้ำ (water solubility) ต่ำ โดยพบว่าสารในกลุ่มคลอโรฟีนอล (chlorophenol) PCDDs มีการปนเปื้อนในดินมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ polychlorinated phenoxy phenols (PCPPs), polychlorinated diphenyl ethers (PCDEs) และ polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) นอกจากนี้ยังพบ PCDDs และ PCDFs ที่ความลึกสุดของชั้นดิน ซึ่งชี้ให้เห็นว่ามีการเคลื่อนที่ของ PCDDs และ PCDFs ลงไปในชั้นดินและมีการอิ่มตัว (saturation) ของสารอินทรีย์ (organic matters) เกิดขึ้นที่ผิวหน้าดิน โดยที่สารอินทรีย์ที่ไม่ละลายในน้ำและเป็นสารแขวนลอย (particulate organic matters) และสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ (dissolved organic matters) และตกค้างอยู่ในดินเป็นตัวช่วยให้สารในกลุ่มคลอโรฟีนอลเคลื่อนที่ลงสู่ดิน (Frankki, S., et al., 2007)

3. การปะปนของไดออกซินในน้ำที่มาจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมโดยตรง เช่น น้ำเสียจากโรงงานกระดาษ โรงงานผลิตสารเคมี โรงงานที่นำโลหะกลับมาใช้ใหม่จากการใช้สารล้างที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ

4. การแพร่กระจายจากสัตว์น้ำ เช่น ปลา มีโอกาสที่จะรับสารไดออกซิน โดยพบว่าในปลาจะมีสารไดออกซินสูงสุดถึง 85 พิโคกรัม ต่อ กรัม (ค่าเฉลี่ยประมาณ 0.4 พิโคกรัม ต่อ กรัม) ซึ่งจะ使人ที่บริโภคเนื้อปลาจะมีสารไดออกซินเข้าสู่ร่างกายประมาณ 0.5 พิโคกรัม ต่อ กิโลกรัม ต่อ วัน ซึ่งมาตรฐานของ FDA ระบุว่า สารไดออกซินระดับ 25 พิโคกรัม ต่อ กรัม ในเนื้อปลาจะไม่มีอันตราย ดังนั้นคนที่บริโภคเนื้อปลาเฉลี่ยแล้วจะบริโภคไดออกซินในแต่ละวันได้ประมาณ 2 พิโคกรัม ต่อ กิโลกรัม ต่อ วัน

5. การแพร่กระจายจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง โดยไดออกซินส่วนหนึ่งมาจากการเผาไหม้ก๊าซเชื้อเพลิง เช่น ใน Lead Gasoline ที่มีคลอรีน (Cl) เป็นองค์ประกอบประมาณ 700 ppm.

6. การแพร่กระจายของไดออกซินจากการเผาไหม้วัสดุที่มีคลอรีนในการเผาไหม้วัสดุหรือมูลฝอยที่มีสารต่างๆ ที่มีองค์ประกอบเป็นคลอรีนอยู่เล็กน้อยต่างกัน เมื่อนำมาเผาไหม้ก็จะมีโอกาสเกิดสารไดออกซินขึ้นในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณของสารไดออกซินที่มีโอกาสเกิดขึ้นในการเผาไหม้วัสดุ

ลำดับที่	วัสดุ	ร้อยละของคลอรีนในวัสดุ	Dioxins ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ emission)
1	PVC	45	0.4*
2	Hospital waste	7	20
3	Hazardous waste	5.5	1
4	Municipal waste	0.4	10
5	Wood composition	0.2	1*

ตารางที่ 6 ปริมาณของสารไดออกซินที่มีโอกาสเกิดขึ้นในการเผาไหม้วัสดุ (ต่อ)

ลำดับที่	วัสดุ	ร้อยละของคลอรีนในวัสดุ	Dioxins ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ emission)
6	Coal combustion	0.02	1*
7	Leaded gasoline	0.002	0.03
8	Unleaded gasoline	0.001	0.003
9	Heavy fuel	0.005	0.4*
10	Diesel rhinebarge	Nd.	0.1*

ที่มา : พล สาเททอง (2549)

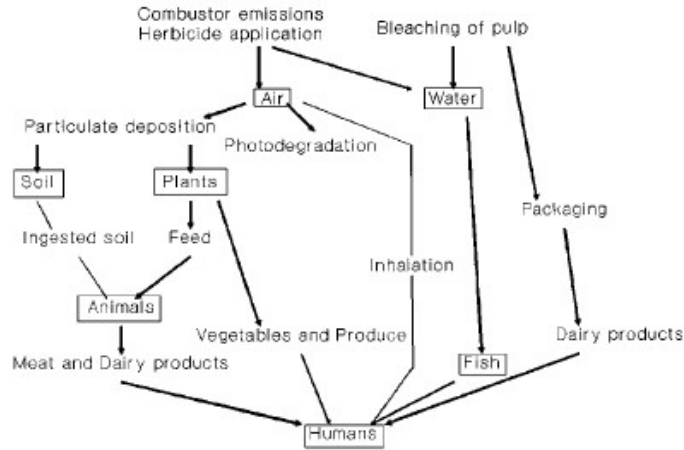
7. การแพร่กระจายสารไดออกซินจากการไหม้พื้นในครัวเรือนโดยทั่วไปในไม้จะมีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ จากการประมาณการพบว่า มีการแพร่กระจายของสารไดออกซินที่มีความเข้มข้นต่อพื้นที่สูงสุดประมาณ  $0.2 \text{ ng}/\text{m}^2$  ต่อพื้นที่ที่มีบ้าน 50 หลัง โดยแต่ละหลังห่างกันในรัศมี 1 กิโลเมตร

8. การแพร่กระจายของสารไดออกซินในนมมารดา จากการศึกษากของ WHO 1989 และในยุโรปในปี 1994 พบว่า มีไดออกซินในนมมารดาของประชากรในประเทศต่างๆ ดังนี้

- ไทย	4.9	pg/g fat
- สหรัฐอเมริกา	16.6	pg/g fat
- เบลเยียม	39.524	pg/g fat

ในประเทศเนเธอร์แลนด์ได้มีการทดลองเลี้ยงเด็กด้วยนมแม่ (mother's milk) 200 คน และนมวัว (cow's milk) 200 คน พบว่า เด็กที่เลี้ยงโดยนมแม่จะรับสารไดออกซินเข้าสู่ร่างกายสูงกว่าเด็กที่เลี้ยงโดยนมวัวถึง 10 เท่า

9. การแพร่กระจายของไดออกซินในอาหารจากการปนเปื้อนของไดออกซินในอาหารเลี้ยงสัตว์ (animal feed) ผ่านทางห่วงโซ่อาหารและเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ สามารถแสดงได้ในรูปที่ 2 โดยสหภาพยุโรปได้บังคับใช้กฎหมาย Council Regulation 2375/2001/EC เกี่ยวกับสารตกค้างในอาหารและกำหนดปริมาณไดออกซินสูงสุด (maximum levels : MLs) ในอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 7



รูปที่ 2 ไคอะแกรมการได้รับสารไดออกซินผ่านทางห่วงโซ่อาหารของมนุษย์

(Roeder, RA., Garber, RJ., and Schelling, GT., 1998)

ตารางที่ 7 ปริมาณของ PCDDs และ PCDFs สูงสุดในอาหารตามกฎหมาย Council Regulation 2375/2001/EC

(Brambilla, G., et al., 2004)

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณของ PCDDs และ PCDFs สูงสุด (pgWHO-TE/g lipid base)
เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ของเนื้อสัตว์จาก	
สัตว์เคี้ยวเอื้อง	3
สัตว์ปีกและสัตว์ป่าที่เลี้ยงในฟาร์ม	2
หมู	1
ตับและผลิตภัณฑ์จากตับ	6
เนื้อปลาและผลิตภัณฑ์สืบเนื่องจากการประมง	4 (น้ำหนักสด)
นมและผลิตภัณฑ์นม (เนยเหลว)	3
ไข่ไก่และผลิตภัณฑ์จากไข่	3
น้ำมันและไขมัน	
ไขมันสัตว์	
จากสัตว์เคี้ยวเอื้อง	3
จากสัตว์ปีกและสัตว์ป่าที่เลี้ยงในฟาร์ม	2
จากไขมันสัตว์ผสม	1
น้ำมันพืช	0.75
น้ำมันปลาที่มนุษย์ใช้บริโภค	2

นอกจากนี้ยังสามารถพบไดออกซินในน้ำลาย (saliva) ของมนุษย์ด้วย จากการทดลองของ Ogawa, T., et al (2003) ได้วิเคราะห์ polychlorinated biphenyls (PCBs) และ PCDDs ในตัวอย่างน้ำลายและเลือดของมนุษย์ ที่มีผลต่อเซลล์เยื่อผิวจากชั้นเนื้อเยื่ออิมมูนมนุษย์ (human gingival epithelial cell : HGEC) พบว่ามีระดับของ tri- และ tetrachlorinated PCBs สูงในตัวอย่างน้ำลาย ขณะที่ในเลือดจะพบ hexa- และ heptachlorinated PCBs โดยทั่วไปแล้วในตัวอย่างน้ำลายและเลือดจะพบ 1,2,3,4,6,7,8,9-octachlorodibenzo-*p*-dioxin (OCDD) เป็นสารหลัก ผลที่ได้ชี้ให้เห็นว่าไดออกซินในน้ำลายเป็นปัจจัยเสี่ยงอย่างหนึ่งที่สามารถทำให้เกิดโรคปริทันต์ (periodontal disease) ได้และปริมาณน้อยที่สุดของไดออกซินที่ทำให้เกิดการผิดปกติจากการได้รับสาร ไดออกซินทางปากของมนุษย์โดยมีอาการเจ็บปวด ปานกลาง และเรื้อรัง เท่ากับ 200, 20 และ 1 พิโคกรัม ต่อ กิโลกรัม ต่อ วัน ตามลำดับ (ATSDR, 2008)

## 7. การตรวจวัดสารไดออกซิน

การตรวจวิเคราะห์สารไดออกซินนั้นสามารถอ้างอิงได้หลายวิธี ซึ่งวิธีมาตรฐานเหล่านั้นจะเปลี่ยนแปลงไปตามตัวอย่างประเภทต่างๆ เช่น ตัวอย่างอากาศจากปล่อง ตัวอย่างในบรรยากาศ ตัวอย่างน้ำทิ้ง ตัวอย่างชีวภาพ ตัวอย่างอาหาร ฯลฯ นอกจากนั้นแต่ละประเทศก็จะมีมาตรฐานการวิเคราะห์ด้วยวิธีต่างๆ กัน เช่น EPA1613 EPA8290 หรือ EPA23 TO-09 EN1948 (พล.สา.เททอง, 2549) ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. วิธีสกัดโดยเทคนิคต่างๆ เช่น Soxhlet extraction, microwave extraction, Solid phase extraction (SPE), Liquid-Liquid extraction (LLE), Accelerated Solvent Extraction (ASE), Pressurized Solvent Extraction (PSE)
2. วิธีการกำจัดสิ่งสกปรกออกจากตัวอย่าง (clean up) เช่น Gel Permeation Chromatography, Multi-layer Chromatography, Basic alumina Chromatography, Acid alumina Chromatography, Activated carbon Chromatography, Sulfuric acid treatment
3. การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ (Quality control and Quality assurance) เช่น Control chart, Solvent Blank, Sample blank,  $^{13}\text{C}_{12}$ -Labelled standards, Column clean up spike, Recovery test, Standard Reference Material (SRM), Certify Reference Material (CRM), Laboratory round robin
4. การวิเคราะห์ทางปริมาณ (Quantitative analysis) เช่น High Resolution Gas Chromatography - High Resolution Mass Spectrophotometer (HRGC/HRMS), Isotope ratio dilution
5. การรายงานผล (report) เป็นพิโคกรัม (pictogram : pg) คือ  $1 \text{ pg} = 10^{-12}$  กรัม, Toxicity Equivalent by weight of 2,3,7,8-TCDD (TEQ), I-TEF (International - Toxicity Equivalent factors), TEQ (Total concentration, I-TEF (International - Toxicity Equivalent factors))



## 8. การจัดการกากของเสีย (ปิยาณี ตั้งทองทวี, 2546)

วิธีการจัดการกากของเสียไดออกซินที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยและเป็นวิธีที่ USEPA แนะนำคือ การเผา (Incineration) โดยเตาเผาที่เหมาะสมมี 3 แบบ คือ

1. Rotary kiln อุณหภูมิ 850-1,600 °C ระยะเวลาที่กากของเสียอยู่ในเตาเผาเป็นวินาที สำหรับกากของเสียที่เป็นของเหลวหรือก๊าซและเป็นชั่วโมงสำหรับของแข็ง
2. Fluidized bed อุณหภูมิ 450-980 °C ระยะเวลาที่กากของเสียในเตาเผาเช่นเดียวกับเตาเผาชนิด Rotary kiln
3. Liquid injection อุณหภูมิ 650-1,600 °C ระยะเวลา 0.1-2 วินาที เตาเผาชนิดนี้ใช้สำหรับกากของเสียไดออกซินที่เป็นของเหลว

ปัจจุบันแม้ว่าประเทศไทยจะมีเตาเผาขยะอุตสาหกรรมซึ่งเป็นกากของเสียอันตรายและอยู่ภายใต้การดูแลของกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่นิคมอุตสาหกรรมบางปูก็ตาม แต่โดยลักษณะของเตาเผาแล้ว สามารถทำลายกากของเสียได้จากห้องปฏิบัติการไดออกซิน ทั้งนี้ยังไม่มีการตรวจสอบสารไดออกซินจากเตาเผาดังกล่าว ซึ่งค่าเปรียบเทียบมาตรฐาน PCDDs/PCDFs จากเตาเผาอุณหภูมิสูงของประเทศต่างๆ รวมทั้งค่ามาตรฐานของสารไดออกซินจากตัวกลางสิ่งแวดล้อม (กำหนดโดยประเทศแคนาดา) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 8 และตารางที่ 9 ตามลำดับ

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่ามาตรฐาน PCDDs/PCDFs จากเตาเผาอุณหภูมิสูงของประเทศต่างๆ

ประเทศ	ค่ามาตรฐาน	ประเภทเตาเผา
ออสเตรเลีย	0.1ng. I-TEQ/Nm <sup>3</sup>	เตาเผาทุกขนาด
แคนาดา	0.1 ng. I-TEQ/Nm <sup>3</sup>	เตาเผาทุกขนาด
สหภาพยุโรป	0.1ng. I-TEQ/Nm <sup>3</sup>	เตาเผาทุกขนาด
เนเธอร์แลนด์	1.0 ng. I-TEQ/Nm <sup>3</sup>	เตาเผาทุกขนาด
ไต้หวัน	0.5 ng. I-TEQ/Nm <sup>3</sup>	เตาเผาทุกขนาด
ญี่ปุ่น (มาตรฐานเก่า)	0.5 ng. I-TEQ/Nm <sup>3</sup>	เตาเผาทุกขนาด
ญี่ปุ่น (มาตรฐานใหม่)	0.1ng. I-TEQ/Nm <sup>3</sup>	เตาเผาขนาดใหญ่
สหรัฐอเมริกา (มาตรฐานเก่า)	30 ng-Total/Nm <sup>3</sup>	เตาเผาขนาดใหญ่
สหรัฐอเมริกา (มาตรฐานใหม่)	13 ng-Total/Nm <sup>3</sup>	เตาเผาขนาดใหญ่

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่ามาตรฐาน PCDDs/PCDFs จากเตาเผาอุณหภูมิสูงของประเทศต่างๆ (ต่อ)

ประเทศ	ค่ามาตรฐาน	ประเภทเตาเผา
ประเทศไทย (2540)	30 ng-Total/Nm <sup>3</sup>	เตาเผามูลฝอยชุมชนขนาดตั้งแต่ 1 ตัน/วันขึ้นไป
ประเทศไทย (2545)	0.5 ng. I-TEQ/Nm <sup>3</sup>	เตาเผาสิ่งปฏิกูลหรือเตาเผาที่ไม่ใช่แล้ว

ที่มา : จารุพงศ์ บุญหลง (2547)

หมายเหตุ 30 ng-Total/Nm<sup>3</sup> เท่ากับประมาณ 0.5 ng. I-TEQ/Nm<sup>3</sup>

13 ng-Total/Nm<sup>3</sup> เท่ากับประมาณ 0.2 ng. I-TEQ/Nm<sup>3</sup>

เตาขนาดใหญ่ของสหรัฐอเมริกา หมายถึง เตาเผาขนาดตั้งแต่ 250 ตัน/วัน

ตารางที่ 9 ค่ามาตรฐานของสารไดออกซินจากตัวกลางสิ่งแวดล้อมที่กำหนดโดยประเทศแคนาดา

	ตัวกลางสิ่งแวดล้อม	ค่ามาตรฐาน
อากาศ	บรรยากาศ (24 ชั่วโมง)	5 พิโคกรัม TEQ ต่อคิวบิกเมตร
น้ำดื่ม	ปริมาณมากที่สุดที่อนุญาตให้ตรวจพบได้	15 พิโคกรัม TEQ ต่อลิตร
น้ำผิวดิน	กำลังดำเนินการพิจารณา	-
ดิน	- พื้นที่ที่อยู่อาศัย	1000 พิโคกรัม TEQ ต่อกรัม
	- พื้นที่การเกษตร	10 พิโคกรัม TEQ ต่อกรัม

ที่มา : Ministry of Environment and Energy of Canada (2008)

## 9. มาตรฐานควบคุมสารไดออกซินของประเทศไทย

ประเทศไทยเริ่มมีการกำหนดให้เตาเผามูลฝอยเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ ที่จะต้องควบคุมการปล่อยอากาศเสียออกสู่บรรยากาศและกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสีย โดยจัดทำเป็นประกาศ 4 ฉบับ ประกอบด้วย

ฉบับที่ 1 ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2540 เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย ซึ่งกำหนดค่าสารประกอบไดออกซินรวมไม่เกิน 30 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2540)

ฉบับที่ 2 ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2545 เรื่อง กำหนดปริมาณสารเจือปนในอากาศที่ปล่อยออกจากเตาเผา สิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เป็นอันตรายจากอุตสาหกรรม กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศประเภทไดออกซินและฟิวแรน (Dioxins/Furans I- TEQ) ไม่เกิน 0.5 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2545)

ฉบับที่ 3 ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2548 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผาผลผลิตเชื้อ พ.ศ. 2546 ค่าสารประกอบไดออกซิน ซึ่งคำนวณผลในรูปของหน่วยความเข้มข้นเทียบเคียงความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Dioxins/Furans I - TEQ) ไม่เกิน 0.5 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2546)

ฉบับที่ 4 ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2549 เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานปูนซีเมนต์ที่ใช้ของเสียเป็นเชื้อเพลิงหรือเป็นวัตถุดิบในการผลิตค่าสารประกอบไดออกซิน ซึ่งคำนวณผลในรูปของหน่วยความเข้มข้นเทียบเคียงความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Dioxins/Furans I- TEQ) ไม่เกิน 0.5 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2549)

#### 10. มาตรการควบคุมไดออกซินและฟิวแรนในระดับโลก (จารุพงศ์ บุญหลง, 2547)

โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP) และองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้มีความเห็นสอดคล้องกันคือ ต้องการให้มีกลไกทางกฎหมายระหว่างประเทศ เพื่อควบคุมการปลดปล่อยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (Persistent Organic Pollutants: POPs) เบื้องต้น 12 ชนิด ดังกล่าว โดยร่วมกับรัฐบาลประเทศต่างๆ จัดให้มีการประชุมคณะกรรมการเจรจาระหว่างรัฐบาล เพื่อเตรียมกลไกทางกฎหมายต่างประเทศบังคับใช้สำหรับการดำเนินกิจกรรมต่างๆ โดยเน้นที่สาร POPs ทั้ง 12 ชนิดรวมทั้งศึกษาและพิจารณาสาร POPs อื่นนอกเหนือจาก 12 ชนิด ที่กำหนดไว้แล้วซึ่งขณะนี้การประชุมเจรจาเสร็จสมบูรณ์แล้ว และได้ประกาศใช้เป็นอนุสัญญาเรียกว่า “Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants” ประเทศไทยได้ลงนามในสัตยาบัน เมื่อเดือนมกราคม พ.ศ. 2548 จุดมุ่งหมายของอนุสัญญาฯ คือ เพื่อคุ้มครองสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมจากสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน สารเคมี POPs เบื้องต้น 12 ชนิดคือ อัลดริน (aldrin) คลอเดน(chlordane) ดีดีที (DDT) ดีลดริน (dieldrin) เอนดริน (endrin) เฮปตะคลอ (heptachlor) เฮกซ์ชิบี (hexachlorobenzene) ไมเร็กซ์ (mirex) ท็อกซาฟีน (toxaphene) พีซีบี (polychlorinated Biphenyls: PCBs) ไดออกซิน(Polychlorinated dibenzo-p-dioxins: PCDDs) และฟิวแรน (Polychlorinated dibenzofurans: PCDFs) สาร POPs เหล่านี้เป็นกลุ่มสารประกอบอินทรีย์ซึ่งถูกย่อยสลายได้ยากโดยแสง สารเคมีหรือโดยวิธีชีวภาพ ทำให้เกิดการตกค้างในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานานและสามารถเคลื่อนย้ายไปได้ไกลมาก โดยพันธุกรรมสำคัญที่ภาคีต้องปฏิบัติ หลังจากอนุสัญญา POPs มีผลบังคับใช้แล้ว มีดังนี้

1. ใช้มาตรการทางกฎหมายและการบริหารในการห้ามผลิตและใช้สาร POPs 9 ชนิดแรก
2. จะนำเข้า/ ส่งออกสาร POPs ได้ก็เฉพาะตามวัตถุประสงค์ที่อนุญาตให้ทำได้ เช่น มีข้อยกเว้นพิเศษ เพื่อนำมาใช้เป็นสารกำจัดปลวก สารกำจัดแมลง เป็นต้น
3. ต้องจัดทำแผนปฏิบัติการในการลดหรือเลิกการปล่อยสาร POPs จากกระบวนการผลิตภายใน 2 ปี หลังจากอนุสัญญา POPs บังคับใช้
4. ส่งเสริมการใช้สารทดแทน แนวปฏิบัติทางด้านสิ่งแวดล้อม และเทคนิคที่ดีที่สุด
5. ประกันว่าคลังสินค้าที่มีสาร POPs ต้องได้รับการดูแลไม่ให้ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งต้องดูแลจัดการของเสียที่เกิดจากสาร POPs ในทำนองเดียวกัน
6. กำหนดแผนและปฏิบัติตามแผนเพื่อเป็นไปตามอนุสัญญา POPs และส่งรายงานให้ที่ประชุมภาคี ภายใน 2 ปี หลังจากอนุสัญญา POPs มีผลบังคับใช้
7. ให้ผู้บริหารและผู้กำหนดนโยบายมีความเข้าใจเรื่อง POPs
8. ให้ความรู้เกี่ยวกับ POPs แก่สาธารณชน
9. สนับสนุนให้มีการวิจัยเรื่องผลกระทบต่างๆ จากสาร POPs ทั้งในระดับชาติและระหว่างประเทศ
10. ตั้งศูนย์ประสานงานระดับชาติเพื่อทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลและหน้าที่อื่นๆ

## 11. บทสรุป

ไดออกซิน (dioxins) เป็นผลิตภัณฑ์ทางเคมีที่เกิดขึ้นมาโดยมิได้ตั้งใจผลิตขึ้น (unintentional products) และเป็นสารที่มีความเป็นพิษสูงที่สุดที่ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม มนุษย์สามารถรับสารไดออกซินได้จากกิจกรรมและสิ่งแวดล้อมต่างๆ รอบตัวเราโดยมีแหล่งกำเนิดทั้งภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรม หรือแม้แต่การจราจรซึ่งเป็นสิ่งใกล้ตัวเรามาก ภาครัฐเห็นความสำคัญของปัญหาที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพต่อประชาชนโดยมีนโยบายและกฎหมายเพื่อควบคุมแก้ไขและพยายามปรับลดการปลดปล่อยของสารกลุ่มไดออกซินจากแหล่งกำเนิด ซึ่งจะต้องมีการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีให้เหมาะสมต่อไปในอนาคตและต้องมีการติดตามตรวจสอบเพื่อควบคุมการปลดปล่อยสารไดออกซินอย่างต่อเนื่อง สำหรับประเทศที่เจริญแล้วนั้น การบังคับใช้กฎหมายและความรับผิดชอบต่อสังคมนับว่าเป็นพื้นฐานที่สำคัญที่ทำให้ประสบความสำเร็จในการปรับลดสารมลพิษไม่ใช่แต่เฉพาะสารไดออกซินเท่านั้นแต่สารพิษกลุ่มอื่นๆ ก็สามารถบริหารจัดการให้ปลอดภัยต่อประชาชนและสิ่งแวดล้อมได้ นอกจากนั้นการให้ความรู้แก่ประชาชนเพื่อความเข้าใจและการปฏิบัติตนอย่างถูกต้องเพื่อมิให้เป็นผู้สร้างมลพิษก็เป็นช่องทางหนึ่งที่มีส่วนช่วยแก้ปัญหามลพิษให้ลดลงด้วย

## เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. สรุปความเป็นมาของอนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน.[ออนไลน์]  
[อ้างถึง 3 กันยายน 2551] เข้าถึงได้จาก [http://www.pcd.go.th/info-serv/haz\\_pops.htm](http://www.pcd.go.th/info-serv/haz_pops.htm)
- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. เรื่อง  
กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ. **ราชกิจจานุเบกษา**.  
25 ธันวาคม 2546. เล่มที่ 120 ตอนพิเศษ 147 ง.
- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. เรื่อง  
กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานปูนซีเมนต์ที่ใช้ของเสียเป็นเชื้อเพลิงหรือ  
เป็นวัตถุดิบในการผลิต. **ราชกิจจานุเบกษา**. 15 ธันวาคม 2549. เล่มที่ 123 ตอนพิเศษ 129 ง.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.  
เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย. **ราชกิจจานุเบกษา**. 7 สิงหาคม  
2540. เล่มที่ 114 ตอนที่ 63 ง.
- กระทรวงอุตสาหกรรม. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม. เรื่องกำหนดปริมาณสารเจือปนในอากาศที่ปล่อยออก  
จากเตาเผา สิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เป็นอันตรายจากอุตสาหกรรม. **ราชกิจจานุเบกษา**.  
30 ตุลาคม 2545. เล่มที่ 119 ตอนพิเศษ 106 ง.
- จารุพงศ์ บุญ-หลง. **dioxins มหันตภัยได้ออกซิน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : กรมควบคุมมลพิษ, 2547, 32 หน้า.  
ปิยาณี ตั้งทองทวี. อันตรายของไดออกซิน. **Engineering Today**, กันยายน, 2546, ปีที่ 1, ฉบับที่ 9, หน้า  
113-117.
- พล ศาเททอง. **เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง แนวทางการจัดการมูลฝอยของประเทศไทย**. 18 ธันวาคม  
2549. จัดโดย บริษัท ซียูบี จำกัด ร่วมกับ เทศบาลตำบลเกาะสมุยและโรงพยาบาลเทศบาลตำบล  
เกาะสมุย. หน้า 25-34.
- ATSDR. Dioxins. [Online] [cited 8 April 2008] Available from internet :  
[http://www.astdr.cdc.gov/cabs/dioxins/dioxins\\_cabs.pdf](http://www.astdr.cdc.gov/cabs/dioxins/dioxins_cabs.pdf)
- Brambilla, G., et al. Review of aspects pertaining to food contamination by polychlorinated dibenzodioxins,  
dibenzofurans, and biphenyls at the farm level. **Analytica Chimica Acta**, 2004, vol. 514, p. 1-7.
- Frankki, S. Mobility of chloroaromatic compounds in soil: case studies of Swedish chlorophenol-  
contaminated sawmill sites. **Ambio**, 2007, vol. 36, no. 6, p. 452-457.
- Holtzer, M., Daňko, J., and Daňko, R. Possibilities of formation of dioxins and furans in metallurgical process  
as well as methods of their reduction. **Metalurgija**, 2007, vol. 46, no. 4, p. 285-290.

- Ministry of Environment and Energy of Canada. Dioxins and Furans. [Online] [cited 8 April 2008] Available from internet : <http://www.mywaterlooregion.com/website/references/dioxinsandfurans.pdf>
- Moreno-Pirajan, J.C., et al. Evaluation of dioxin and furan formation thermodynamics in combustion process of urban solid waste. **Ecl. Quim. São Paulo**, 2007, vol. 32, no. 1, p. 15-18.
- Ogawa, T., et al. Detectable dioxins in human saliva and their effects on gingival epithelial cells. **J Dent Res**, 2003, vol. 82, no. 10, p. 849-853.
- Oka, H., et al. Atmospheric deposition of polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins (PCDDs) and polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) in Kanazawa, Japan. **Journal of Health Science**, 2006, vol. 52, no. 3, p. 300-307.
- Olie, K., Adsdink, R., and Schoonenboom, M. Metals as catalysts during the formation and decomposition of chlorinated dioxins and furans in incineration processes. **Journal of Air & waste Management Association.**, 1998, vol.48, p. 101-105.
- Rappe, C. Sources and environmental concentrations of dioxins and related compounds. **Pure & Appl. Chem.**, 1996, vol.68, no.9, p. 1781-1789.
- Rodriguez, C., et al. Dioxins, furans and PCBs in recycled water for indirect potable reuse. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 2008, vol. 5, no. 5, p. 356-367.
- Roeder, R.A., Garber, M.J., and Schelling, G.T. Assessment of dioxins in foods from animal origins. **J. Anim. Sci**, 1998, vol. 76, p. 142-151.
- Steen, P.O., et al. Photochemical formation of halogenated dioxins from hydroxylated polybrominated diphenyl ethers (OH-PBDEs) and chlorinated derivatives (OH-PBCDEs). **Environmental Science & Technology**, 2009, vol. 43, no. 12, p. 4405-4411.