

## หน่วยที่ 6 การประเมินความเสี่ยงและการจัดการความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสารเคมี

### ความหมาย ความสำคัญและวัตถุประสงค์ของการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสารเคมี

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสารเคมีเป็นเรื่องของการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล การสัมผัสสารเคมี และอธิบายลักษณะความเสี่ยงนั้นๆ ว่าผู้สัมผัสจะเสี่ยงภัยหรือไม่ เรื่องนี้จึงมีความสำคัญต่อความปลอดภัยของผู้สัมผัสซึ่งอาจเป็นผู้ปฏิบัติงานในโรงงานและประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบ

### ความสำคัญของการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสารเคมี

1. ความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้สัมผัสสารก่อมะเร็ง โดยทั่วไปการจัดการกับสารเคมี เช่น กำหนดค่ามาตรฐานของสารเคมีในอากาศ คิดค่าความปลอดภัย (Safety factor) เพื่อไว้
2. การตัดสินใจเกี่ยวกับการลดความเสี่ยงที่คุ้มค่า ลดอยู่ในระดับต่ำสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ หรือใช้เทคโนโลยีที่ดีที่สุด ดำเนินการป้องกันที่ให้ผลคุ้มค่ากับการลงทุน
3. การประเมินผลการคุ้มครองสุขภาพประชาชน ผลการประเมินความเสี่ยงสุขภาพทำให้ทราบว่า ประชาชน โดยรอบโรงงานหรือนิคมอุตสาหกรรม มีความเสี่ยงต่อการสัมผัสสารเคมีหรือไม่
4. กฎหมายกำหนดให้ทำการประเมินความเสี่ยง รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม

การสัมผัสสารเคมีโดยเฉพาะสารก่อมะเร็ง จะไม่มีเส้นแบ่งว่า สัมผัสในระดับใดจะปลอดภัย หรือไม่ปลอดภัย การดำเนินการประเมินความเสี่ยงจะทำให้ทราบว่ามีความเสี่ยงเกิดขึ้นหรือไม่ และส่งผลต่อเนื้อทำให้สามารถตัดสินใจในเรื่องการเลือกวิธีการป้องกันควบคุมที่คุ้มค่า นอกจากนี้ยังทำให้ประเมินผลถึงความสำเร็จหรือล้มเหลวในการคุ้มครองสุขภาพของประชาชนที่หน่วยงานภาครัฐดำเนินการอยู่ ความสำคัญอีกประการคือ กฎหมายกำหนดให้ต้องดำเนินการในเรื่องดังกล่าว

### วัตถุประสงค์ของการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสารเคมี

1. การหาข้อสรุปเกี่ยวกับความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นจากการสัมผัสสารเคมี ปริมาณเท่าใดและลักษณะใดที่ยอมรับได้ การประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสสารเคมีของประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบโรงงาน
2. การตัดสินใจจัดการความเสี่ยงของผู้บริหารทั้งภาครัฐและเอกชน ผลการประเมินความเสี่ยงเป็นข้อมูลสำคัญในการที่บริหารตัดสินใจจัดการกับความเสี่ยงได้อย่างเหมาะสม

### รูปแบบการประเมินความเสี่ยงและการจัดการความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสารเคมี

#### 1. รูปแบบที่เสนอโดยสำนักงานนโยบายด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หน่วยงานภาครัฐของสหรัฐอเมริกา

การประเมินความเสี่ยงจะประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการชี้บ่งอันตราย และขั้นตอนการอธิบายลักษณะความเสี่ยง การชี้บ่งอันตราย จะอาศัยข้อมูลพื้นฐานที่ได้มาจากการศึกษาทางวิทยาการระบาด พิษวิทยามีการทดลองในหลอดทดลอง การศึกษาวิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างกิจกรรมต่างๆ

การอธิบายลักษณะความเสี่ยง เป็นการศึกษาในเรื่องความแรง การสัมผัส และความไวต่อการสัมผัส

การควบคุมความเสี่ยง ถือเป็นการจัดการความเสี่ยง ที่ต้องดำเนินการ ประกอบด้วยหลักการสำคัญคือ ข้อมูลข่าวสาร การกำหนดกฎระเบียบ ต่างๆ และการทดแทน เพื่อลดหรือกำจัดความเสี่ยง

2. รูปแบบที่เสนอโดยคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (National Research Council : NCR) ในปี 1983 คณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา ได้พัฒนารูปแบบการประเมินความเสี่ยงและการจัดการความเสี่ยงขึ้น รูปแบบนี้เป็นที่นิยมและยอมรับกันอย่างกว้างขวาง NCR เสนอแนะรูปแบบการประเมินความเสี่ยงสุขภาพ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน โดย 3 ขั้นตอนแรกคือ การชี้บ่งอันตราย การประเมินความเป็นพิษ และการประเมินการสัมผัส จะอาศัยงานวิจัยเป็นตัวป้อนข้อมูลประกอบ

และขั้นตอนที่ 4 จะเป็นการอธิบายลักษณะความเสี่ยงว่าการสัมผัสสารเคมีนั้นๆ มีความเสี่ยงต่อสุขภาพหรือไม่อย่างไร หากพบว่ามีความเสี่ยงก็ต้องดำเนินการจัดการความเสี่ยงต่อไป

### 3. รูปแบบที่เสนอโดยองค์กรขึ้นทะเบียนสารพิษและโรค (Agency for Toxic Substances and Disease Registry: ATSDR)

ATSDR กำหนดว่าในการประเมินสุขภาพสาธารณะ มีข้อมูลข่าวสารหลัก 3 ด้านที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการประเมิน คือ

- **ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental)** เช่น ความเข้มข้นของสารเคมีในน้ำใต้ดินหรือตัวอย่างในน้ำดื่ม เส้นทางการปนเปื้อนสารเคมี การสำรวจทางภูมิศาสตร์
- **ด้านความห่วงใยต่อสุขภาพของชุมชน (Community health concerns)** เช่น ประชากรที่อาศัยใกล้แหล่งสารพิษ สถานพยาบาลที่มีอยู่ ความคิดเห็นของประชาชนที่พักอาศัยใกล้โรงงาน
- **ข้อมูลผลลัพธ์ทางสุขภาพ (Health outcome data)** เป็นข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงเกี่ยวกับชุมชนที่อยู่ รายงานหรือบันทึกทางการแพทย์ อัตราป่วย อัตราตาย

**การชี้บ่งอันตราย (Hazard identification)** เป็นขั้นตอนแรกของการประเมินความเสี่ยง มีกิจกรรม 2 กิจกรรม คือ

1. **การรวบรวมข้อมูล** ในเรื่องลักษณะทางกายภาพของสถานที่ การชี้บ่งสารเคมีที่จะทำการประเมินและแหล่งกำเนิดรวมถึงการแพร่กระจาย และกลุ่มประชากรที่สัมผัสสารเคมีนั้นๆ พร้อมพฤติกรรมการใช้ชีวิตที่จะมีโอกาสสัมผัสสารเคมี
2. **การประเมินผลข้อมูล** เป็นการจัดการกับข้อมูลที่ได้รวบรวมมาเพื่อให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการประเมินความเสี่ยง

**สาเหตุที่ต้องมีการชี้บ่งสารเคมีที่สัมผัส** เนื่องจากสารเคมีที่ประชาชนสัมผัส จะมีหลายชนิด ประกอบกับเรื่องงบประมาณและระยะเวลาที่มีจำกัด ทำให้ต้องมีการชี้บ่งว่าสารเคมีชนิดใดที่จะถูกนำมาประเมินความเสี่ยง

**สารเคมีจะแพร่กระจายจากแหล่งกำเนิดสู่สิ่งแวดล้อมด้วยกลไก** ที่สำคัญ ดังนี้คือ การระเหยกลายเป็นไอ ไฮโดรไลซิส (คือการทำปฏิกิริยากับน้ำของสารประกอบอินทรีย์) การสลายด้วยแสง การสลายทางชีวภาพ(มาจากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์) และการเผาไหม้

**การประเมินความเป็นพิษ** เป็นเป็นขั้นตอนที่ 2 ของการประเมินความเสี่ยง ขั้นตอนที่จะทำการประเมินว่า ผล (effect) ต่อสุขภาพที่เกิดขึ้นจากการได้รับสารเคมีเข้าสู่ร่างกายมนุษย์นั้น มีอะไรบ้าง รุนแรงเพียงใด ถึงขั้นเป็นมะเร็งหรือไม่ และกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารเคมีที่เข้าสู่ร่างกายและการตอบสนองของร่างกาย

#### วัตถุประสงค์

- เพื่อให้มีน้ำหนักความมั่นใจต่อหลักฐานที่แสดงถึงความเป็นอันตรายต่อสุขภาพของสารเคมี
- เพื่อกำหนดค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณหรือขนาดของสารเคมีที่ร่างกายได้รับและการตอบสนองที่เกิดขึ้น

**การตอบสนองของร่างกายแบบมีระดับกัน** ในปริมาณสารเคมีน้อยๆ ร่างกายจะไม่มีผล ใดๆ เกิดขึ้น จนถึง ณ ปริมาณหนึ่งที่ร่างกายเริ่มตอบสนอง

**การตอบสนองแบบไม่มีระดับกัน** ถึงแม้จะมีปริมาณการได้รับน้อยเพียงใดก็ตาม ก็เกิดการตอบสนองของร่างกายแล้ว การตอบสนองเช่นนี้เกิดเมื่อได้รับสารก่อมะเร็ง

#### แหล่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการประเมินความเป็นพิษ

1. ข้อมูลจากมนุษย์ (Human data)
2. ข้อมูลจากสัตว์ทดลอง (Animal data)
3. ข้อมูลจากการศึกษาในหลอดทดลองและเซลล์เพาะเนื้อเยื่อระยะสั้น (Short term in vitro cell and tissue)

#### 4. ข้อมูลจากการวิเคราะห์โครงสร้างและการออกฤทธิ์ (Structure-activity and lyses) ศึกษาโครงสร้างทางโมเลกุล

**ความไม่แน่นอนที่เกิดจากอนุมานค่าที่ได้จากการทดลองมาใช้ในการประเมินความเป็นพิษในมนุษย์** เกิดขึ้นด้วยปัจจัยต่างๆ ดังนี้ – สัตว์และมนุษย์ มีความไว ต่อการเกิดโรคแตกต่างกัน

- การทดลองในสัตว์ทดลอง จะใช้ปริมาณสารเคมีมาก เพื่อศึกษาผลหรือการตอบสนองที่เกิดขึ้น แต่ในข้อเท็จจริง การสัมผัสสารเคมีของมนุษย์จะสัมผัสในปริมาณที่น้อย
- ระยะเวลาในการทดลองในสัตว์ จะเป็นการสัมผัสคิดเป็นช่วงเวลา ต่างกับมนุษย์สัมผัสไม่แน่นอน

**การประเมินความเป็นพิษสำหรับสารก่อมะเร็ง** แบบไม่มีระดับกัน หรือ ไม่มีปริมาณใดของสารเคมีที่ก่อมะเร็งที่จะปลอดภัยต่อผู้สัมผัส คืออาจมีผลต่อเซลล์เดียว และในเวลาต่อมาเกิดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์นั้นๆ จนไปสู่การเกิดมะเร็งขึ้นตอนการประเมินความเป็นพิษสำหรับสารก่อมะเร็ง

**1. การกำหนดค่าความเชื่อมั่นต่อน้ำหนักของหลักฐาน** ประเมินข้อมูลต่างๆที่มีอยู่ กำหนดว่าสารเคมีนั้นจัดอยู่ในกลุ่มสารก่อมะเร็ง กลุ่มใดตามที่ US-EPA กำหนด

**2. การกำหนดค่า Slope Factor (SF)** เป็นค่าความเป็นพิษที่ใช้ในการประเมินความเป็นพิษของสารก่อมะเร็ง

- ข้อมูลที่ใช้กำหนดค่า SF ใช้ข้อมูลผลการศึกษาในมนุษย์ที่มีวิธีการที่น่าเชื่อถือ ถ้าข้อมูลจากสัตว์ทดลองก็จะเลือกสายพันธุ์ที่มีการตอบสนองคล้ายมนุษย์มากที่สุด พิจารณาในเรื่องเมตาบอลิซึม สรีรวิทยา และเภสัชจลศาสตร์

- การอนุมานค่าสำหรับการสัมผัสสารเคมีในปริมาณต่ำ เนื่องจากการสัมผัสสารเคมีของมนุษย์ จะสัมผัสในปริมาณต่ำ และในการทดลองในสัตว์ทดลองจะใช้ปริมาณสารเคมีค่อนข้างสูง ดังนั้นการประเมินความเป็นพิษที่เกิดขึ้น จึงต้องมีการอนุมานจากผลจากผลที่ได้จากการใช้ปริมาณสารเคมีจำนวนมากมาใช้กับสิ่งที่จะเกิดขึ้นจากปริมาณสารเคมีปริมาณต่ำ

**การประเมินการสัมผัส** เป็นการพิจารณาว่าสารเคมีเข้าสู่ร่างกายไปมากน้อยเพียงใด จึงต้องทราบว่าสารเคมีนั้นๆ เข้าสู่ร่างกายทางใด (ทางหายใจ ทางกิน ทางดูดซึม) ซึ่งอาจเข้าสู่ร่างกายโดยตรง หรือผ่านทางอาหารที่เป็นสัตว์/พืช ปริมาณที่ร่างกายได้รับจะมีมากแค่ไหน (โดยใช้สูตรคำนวณ) จากนั้นจึงพิจารณาว่าจะเป็นความเสี่ยงหรือไม่อย่างไร (ซึ่งถือเป็นขั้นตอนการอธิบายความเสี่ยง) การประเมินการสัมผัสจึงมีขั้นตอนสำคัญ 3 ขั้นตอนคือ

1. การทำความเข้าใจลักษณะพื้นที่และประชากรที่สัมผัส
2. การชี้บ่งเส้นทางการสัมผัส
3. การคำนวณปริมาณสารเคมีที่ร่างกายได้รับ

**การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง** เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการประเมินความเสี่ยงสุขภาพ เป็นผลสรุปสุดท้ายว่าสารเคมีที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายนั้นจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพผู้สัมผัสหรือไม่ การอธิบายลักษณะความเสี่ยงต่อการสัมผัสสารเคมีที่ไม่ใช่ สารก่อมะเร็ง จะดำเนินการด้วยการเปรียบเทียบค่าปริมาณสารเคมีที่ร่างกายได้รับ กับค่าความเป็นพิษของสารนั้นๆ แล้วสรุปออกมาว่ามีความเสี่ยงหรือไม่ซึ่งคำนวณเป็นค่าที่เรียกว่า Hazard Quotient ในกรณีเป็นสารก่อมะเร็งการสรุปเรื่องความเสี่ยงจะพิจารณาโอกาส ที่ผู้สัมผัสจะเป็นมะเร็งตลอดระยะเวลาอายุขัย การประมาณ โอกาสดังกล่าวจะพิจารณาจากข้อมูลปริมาณสารเคมีที่ร่างกายได้รับและค่าปริมาณและการตอบสนองของสารเคมีนั้นๆ (ซึ่งจะกำหนดเป็นค่า Slope Factor : SF)

เมื่อประเมินการสัมผัสสารก่อมะเร็งพบว่าปริมาณสารเคมีที่ร่างกายได้รับเท่ากับ A จงอธิบายว่าจะอธิบายเรื่องลักษณะความเสี่ยงอย่างไร

เริ่มแรกควรทำการทบทวนผลที่ได้จาก 1) การประเมินความเป็นพิษ คือน้ำหนักของหลักฐานประเภทสารก่อมะเร็ง ค่า SF ฯลฯ และ 2) การประเมินการสัมผัส คือความเข้มข้นของสารเคมี ณ จุดสัมผัส ความถี่และช่วงระยะเวลาที่สัมผัส จากนั้นจึงคำนวณค่าความเสี่ยงโดยใช้สูตร  $Risk = I \times SF$  หากปรากฏว่าค่า Risk มากกว่า  $10^{-6}$  แสดงว่าผู้สัมผัสมีความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็ง I คือปริมาณสารเคมีที่ได้รับจากการหายใจไอรระเหยเข้าสู่ร่างกาย

### การจัดการความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสารเคมี

**หลักการจัดการความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสารเคมี** เมื่อผลการประเมินความเสี่ยงพบว่า ผู้สัมผัสมีความเสี่ยง จึงมีความจำเป็นต้องทำการจัดการมิให้ความเสี่ยงนั้น ทำความเสียหายต่อสุขภาพผู้สัมผัส

หลักการการจัดการในเรื่องนี้ จึงเริ่มด้วยการพิจารณาว่าจะมีทางเลือกใดบ้างที่จะมาควบคุมความเสี่ยงนั้น(จะใช้วิธีทางวิศวกรรม หรือบริหารจัดการ) ตามด้วยการประเมินว่าทางเลือกใดเหมาะสมที่สุด เมื่อเลือกได้แล้วจึงมาจัดทำแผนควบคุมความเสี่ยง ดำเนินการตามแผน ฝ้าระวังและทบทวนการจัดการ

**แนวทางการจัดการความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสารเคมี** มีแนวทางดังนี้

1. ขอกการสนับสนุนอย่างจริงจังจากผู้บริหารระดับสูง
2. จัดทำนโยบายการจัดการความเสี่ยงที่ชัดเจน สอดคล้องกับยุทธศาสตร์และระบบที่มีอยู่ของโรงงาน
3. เสนอให้มีการตั้งผู้แทนฝ่ายบริหารมารับผิดชอบ
4. กำหนดความรับผิดชอบ และอำนาจของผู้เกี่ยวข้องให้ชัดเจน
5. สื่อสารนโยบายและความเสี่ยงดังกล่าว ให้รับทราบและเข้าใจ
6. ดำเนินการ ณ ระดับองค์กรต่างๆ ในโรงงาน
7. ฝ้าระวัง และทบทวนการจัดการ