

## ภัยจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก

วียงค์ กังวานศุภมงคล<sup>๑,๒</sup>

<sup>๑</sup>ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

<sup>๒</sup>ภาควิชาสาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ ประเภทวิชาเทคโนโลยี สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา, wiyong@nanotec.or.th

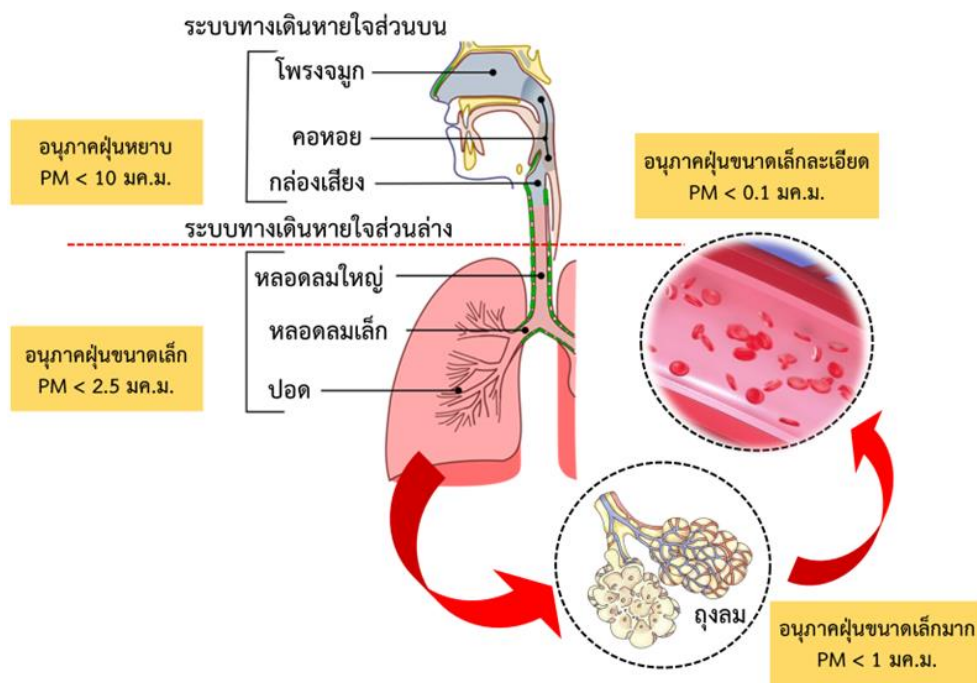
### บทนำ

“ละอองธุลี” หรือ particulate matter (PM) หรือที่ทุกคนรู้จักกันโดยทั่วไปว่า “ฝุ่นละออง” เป็นอนุภาคที่ลอยลอยอยู่ในอากาศ มักอยู่ในรูปฝุ่นควัน เขม่าควัน ละอองของเหลว และสามารถลอยอยู่ในอากาศเป็นเวลานาน คนสามารถมองเห็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่บางอนุภาคได้ด้วยตาเปล่า เช่น ควันจากการสูบบุหรี่ บางอนุภาคมีขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนจึงจะมองเห็นได้ แต่ถ้ามีฝุ่นละอองปริมาณสูงมาก ๆ ในอากาศ เมื่อดูมีสภาพคล้ายกับมีหมอกควัน ฝุ่นละอองขนาดเล็กจัดเป็นมลพิษทางอากาศชนิดหนึ่งที่มีความหลากหลายทางด้านกายภาพและองค์ประกอบ เช่น แร่ธาตุต่าง ๆ ไอออนประจุบวกและประจุลบ รวมถึงผงคาร์บอนซึ่งขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิด (วียงค์ กังวานศุภมงคล และคณะ, ๒๕๖๕) สาเหตุส่วนใหญ่ของฝุ่นละอองมาจากการจราจร (ไอเสียจากรถยนต์) การเผาเศษพืชผลทางการเกษตร การใช้ฟันในการหุงต้ม โรงงานอุตสาหกรรม ฝุ่นดิน ฝุ่นถนน ละอองจากเกลือทะเล และจากหมอกควันข้ามแดน อาจมีสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลว ฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นาน มักเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก (ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า ๒.๕ ไมโครเมตร) เนื่องจากฝุ่นละอองตกลงสู่ด้านล่างด้วยความเร็วต่ำ หากมีแรงกระทำจากภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น การไหลเวียนของอากาศ กระแสลม รวมถึงปัจจัยทางสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ ภาวะความกดอากาศสูงที่ทำให้เกิดสภาพอากาศปิด จึงทำให้ฝุ่นละอองแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานมากขึ้น ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า ๑๐๐ ไมโครเมตร อาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้เพียง ๒-๓ นาที แต่ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า ๐.๕ ไมโครเมตร อาจแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานเป็นปี ฝุ่นละอองในบรรยากาศอาจแยกได้เป็น ๒ ประเภทตามแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง ได้แก่ ฝุ่นละอองปฐมภูมิและฝุ่นละอองทุติยภูมิ สำหรับฝุ่นละอองปฐมภูมิคือ ฝุ่นละอองที่แพร่กระจายจากแหล่งกำเนิดสู่บรรยากาศโดยตรง เนื่องจากการเผาในที่โล่ง การคมนาคม การขนส่ง การผลิตไฟฟ้า และอุตสาหกรรมการผลิต ส่วนฝุ่นละอองทุติยภูมิคือ ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นภายหลังจากทำปฏิกิริยาต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่น การรวมตัวของฝุ่นละอองด้วยกัน การรวมตัวกับแก๊ส ของเหลว หรือของแข็งด้วยปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ เคมี หรือเคมีเชิงแสง (photochemical reactions) โดยมีสารเคมีกลุ่มซัลเฟอร์ หรือกลุ่มไนโตรเจน และแอมโมเนียเป็นสารตั้งต้น รวมทั้งสารเคมีต่าง ๆ ที่เป็นอันตราย เช่น ปรอท แคดเมียม อาร์เซนิก โพลีไซคลิกแอโรแมติก ไฮโดรคาร์บอน และสารก่อมะเร็งอื่น ๆ จำนวนมาก

### ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM<sub>2.5</sub>

เมื่อเราหายใจเอาฝุ่นละออง (PM) เข้าสู่ร่างกาย ฝุ่นละอองขนาดปานกลางและขนาดใหญ่ประมาณร้อยละ ๙๙ ถูกกรองไว้ที่โพรงจมูกหรือระบบทางเดินหายใจส่วนบน ทำให้ฝุ่นละอองไม่สามารถเข้าไปในทางเดินหายใจส่วนล่างได้ แต่ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กโดยเฉพาะฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> นี้สามารถรวมตัวกับสารมลพิษ เช่น สารไฮโดรคาร์บอน ไอออนที่ละลายน้ำ โลหะหนัก ด้วยขนาดของ PM<sub>2.5</sub> ที่เล็กมาก จึงสามารถเล็ด

ลอดผ่านการกรองของขนจมูกไปยังหลอดลม และลงลึกจนถึงถุงลมของปอดและซึมเข้าสู่กระแสเลือด ก่อให้เกิดผลเสียต่อร่างกายดังปรากฏในภาพที่ ๑ ซึ่งแสดงระบบทางเดินหายใจของมนุษย์และเส้นทางการแทรกซึมของฝุ่นละออง PM ขนาดต่าง ๆ ที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจผ่านการสัมผัสโดยการหายใจ ทั้งนี้ **อนุภาคฝุ่นหยาบ** ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน ๑๐ ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ ) สะสมอยู่ภายในระบบทางเดินหายใจส่วนบน และ**อนุภาคฝุ่นขนาดเล็ก** ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน ๒.๕ ไมโครเมตร ( $PM_{2.5}$ ) ตัวอนุภาคสามารถเข้าไปสะสมที่บริเวณทางเดินหายใจส่วนล่างได้ เมื่อคนหายใจเข้าไปก็เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคทางเดินหายใจได้สูง และหาก**อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กมาก** ขนาดไม่เกิน ๑ ไมโครเมตร ( $PM_1$ ) หรือ**อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กละเอียด** ไม่เกิน ๐.๑ ไมโครเมตร ( $PM_{0.1}$ ) จะยังสามารถแทรกซึมเข้าไปได้ถึงในถุงลม ซึ่งเป็นส่วนที่แลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างหลอดเลือดฝอยกับถุงลม ถ้าเข้าไปในถุงลมจะทำให้การแลกเปลี่ยนอากาศได้น้อยลง ทำให้หายใจสั้น และหัวใจทำงานหนักมากขึ้นเพื่อทดแทนปริมาณการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ลดลง โดยเฉพาะผู้ที่มีปัญหาของโรกระบบทางเดินหายใจ เช่น หอบหืด โรคถุงลมโป่งพอง รวมทั้งโรคหัวใจด้วย ก็ยิ่งทวีผลกระทบมากขึ้น



ภาพที่ ๑ ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์และเส้นทางการแทรกซึมของฝุ่นละออง PM ขนาดต่าง ๆ ที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจผ่านการสัมผัสโดยการหายใจ

(ที่มา: ดัดแปรจาก “Eritrocitet” by Edonasela, CC BY-SA 4.0; “Illu conducting passages” by Jmarchn, L.A., Public domain; “202007 alveolus” by DataBase Center for Life Science, CC BY 4.0)

ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่นละออง  $PM_{2.5}$  จะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ ดังนี้

๑. ระดับความเข้มข้นของฝุ่นละออง  $PM_{2.5}$  ที่ได้รับ
๒. ระยะเวลาที่ร่างกายได้รับสะสม
๓. สัดส่วนของสารประกอบชนิดต่าง ๆ ในฝุ่นละออง  $PM_{2.5}$
๔. สภาพของร่างกายขณะได้รับฝุ่นละออง  $PM_{2.5}$  (เช่น ทารกในครรภ์มารดาและช่วงวัยต่าง ๆ ความไวต่อมลพิษของบุคคล ความเจ็บป่วยที่มีอยู่เดิม สภาพความแข็งแรงของร่างกาย)

นอกจากนี้ ฝุ่นละอองขนาดเล็กเหล่านี้เป็นพิษต่ออวัยวะต่าง ๆ โดยตรง เช่น ปอด ตับ หรือไต เพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคเรื้อรัง และฝุ่นขนาดเล็กเหล่านี้ หากมีสภาพความเป็นกรด เช่น อนุภาคของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อเข้าไปในระบบทางเดินหายใจ อนุภาคกรดเหล่านี้เมื่อรวมกับความชื้นในระบบทางเดินหายใจ ก็จะกลายเป็น แอนไอออนซัลเฟต และกลายเป็นกรดซัลฟิวริกซึ่งเป็นสารกัดกร่อนมาก ก่อความระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ลดความสามารถของร่างกายในการจัดการเชื้อแบคทีเรีย และทำให้ระบบทางเดินหายใจติดเชื้อง่ายขึ้น ข้อมูลจากสมาคมโรคหัวใจของสหรัฐอเมริกา (Brook et al., 2004) ชี้ว่า หากคนที่มีโรคประจำตัว เช่น โรคความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคเส้นเลือดในสมอง ได้หายใจเอาฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> เข้าไปเพียงเวลาไม่นาน ตัวฝุ่นจะไปกระตุ้นให้เกิดหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน หัวใจวาย เส้นเลือดในสมองตีบ ซึ่งหัวใจเต้นผิดจังหวะ สามารถเพิ่มอัตราการเสียชีวิตได้ ตารางที่ ๑ แสดงผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการสัมผัสฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> เมื่อสัมผัสในระยะเวลาด้านและระยะเวลายาว ดังนั้น องค์การอนามัยโลก (World Health Organization, 2015) จึงได้กำหนดให้ฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> เป็น ๑ ในสารก่อมะเร็ง โดยเฉพาะมะเร็งปอด ตั้งแต่ พ.ศ. ๒๕๕๖ อีกทั้งยังเป็นสาเหตุหลักให้ ๑ ใน ๘ ของประชากรโลกเสียชีวิตก่อนวัยอันควร

**ตารางที่ ๑** ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการสัมผัสฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> เมื่อสัมผัสในระยะเวลาด้านและระยะเวลายาว

ผลจากการสัมผัสในระยะเวลาด้าน	ผลจากการสัมผัสในระยะเวลายาว
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ทางเดินหายใจอักเสบ หายใจลำบาก แสบจุก ไอมีเสมหะ แน่นหน้าอก อุดลมแพะ</li> <li>▪ สมรรถภาพปอดลดลง ภูมิแพ้และหืดกำเริบ</li> <li>▪ ทำลายภูมิคุ้มกัน เกิดการติดเชื้อในปอดและในทางเดินหายใจได้ง่าย เช่น โรคไขหวัดใหญ่ โรคหลอดลมอักเสบ โรคหอบหืด</li> <li>▪ พัฒนาการของเด็กล่าช้า</li> <li>▪ ผลต่อระบบสืบพันธุ์ ทำให้มีบุตรยาก</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ โรคมะเร็งปอด</li> <li>▪ การอักเสบของเส้นเลือด อาจเกิดโรคหัวใจขาดเลือด โรคอัมพาตจากหลอดเลือดสมอง</li> <li>▪ โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน</li> <li>▪ โรคหลอดเลือดกั้นเรื้อรัง</li> <li>▪ โรคทางผิวหนังหรือตาอักเสบ</li> <li>▪ ผิวมีจุดต่างด่างและรอยย่น ดูแก่กว่าวัย</li> </ul>

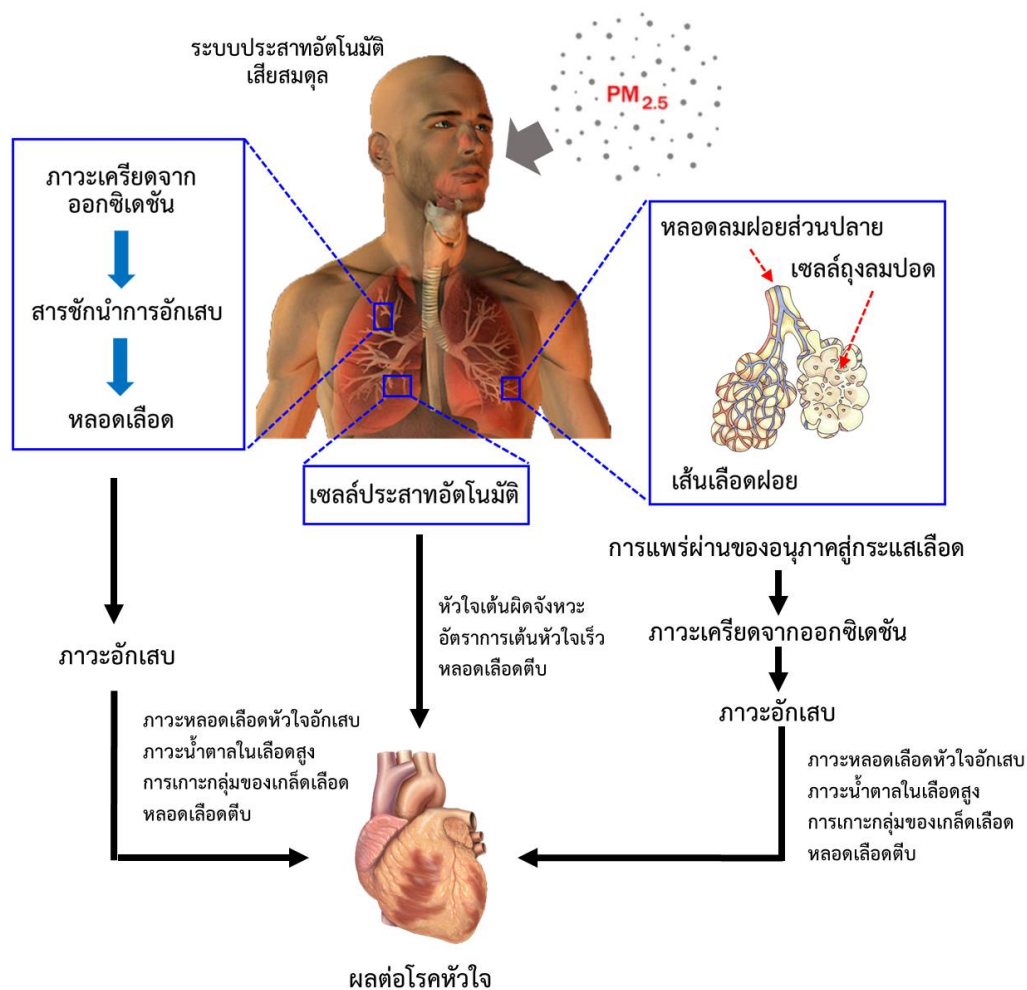
(ที่มา: [https://tmc.or.th/pdf/tmc\\_knowledge-90.pdf](https://tmc.or.th/pdf/tmc_knowledge-90.pdf))

### กลไกการก่อให้เกิดโรคของฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> ในร่างกาย

การหายใจเอาฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> เข้าสู่ร่างกายผ่านทางเดินหายใจ ฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> บางส่วนสามารถเข้าสู่กระแสเลือดผ่านทางเข้า-ออกของแก็สระหว่างอากาศในถุงลมกับเลือดในหลอดเลือด (blood-air barrier) ส่งผลให้เกิดภาวะเครียดจากออกซิเดชัน ตามด้วยภาวะอักเสบของปอดและระบบต่าง ๆ ดังที่แสดงในภาพที่ ๒

กลไกที่ก่อให้เกิดโรคของฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> (Cho et al., 2018) คือ ภาวะเครียดจากออกซิเดชัน (oxidative stress) การตอบสนองต่อการอักเสบ (inflammatory response) และความเป็นพิษต่อยีน (genotoxicity) ในระดับเซลล์ กลไกต่าง ๆ ดังกล่าวอยู่ในระดับโมเลกุลและมีวิธีการส่งสัญญาณที่แตกต่างกันไป (ภาพที่ ๓) องค์ประกอบที่มีความเป็นพิษต่อเซลล์จากฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> ได้แก่ อนุมูลอิสระ (free radicals) สารเคมีอินทรีย์ (organic chemicals) และโลหะทรานซิชัน (transition metals) โดยสารเหล่านี้เหนี่ยวนำไปสู่การสร้างอนุมูลอิสระของออกซิเจนที่มีความไวหรืออาร์โอเอส (reactive oxygen species, ROS) (Ghio et al., 2012) การที่จำนวนอนุมูลอิสระของออกซิเจนเพิ่มขึ้นและการที่ความสามารถของเซลล์ในการต้านอนุมูลอิสระลดลง ทำให้เซลล์เกิดภาวะเครียดจากออกซิเดชัน อนุมูลอิสระของออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นทำให้ระบบต้านอนุมูลอิสระเสียไปโดยทำให้ nuclear factor, erythroid-2-related factor (Nrf2) ลดลง ส่วนความสามารถของ

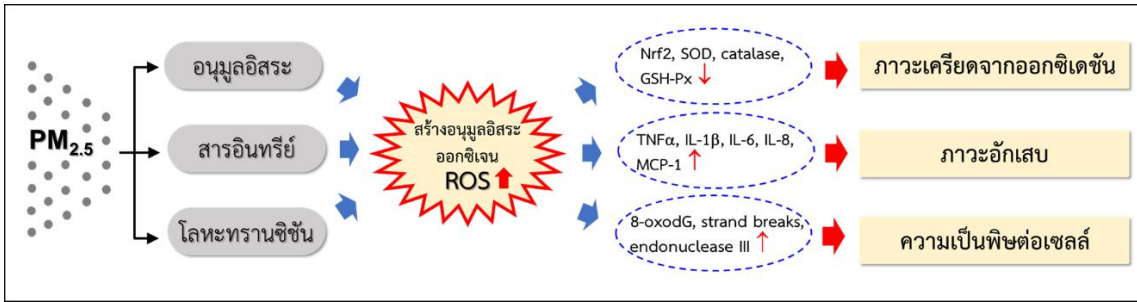
เซลล์ในการต้านอนุมูลอิสระลดลง เกิดจากเอนไซม์ที่ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant enzymes) มีปริมาณลดลง เช่น superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GSH-Px), catalase ฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> สามารถกระตุ้นเซลล์อักเสบให้สร้างอนุมูลอิสระออกซิเจนและก่อให้เกิดภาวะเครียดจากออกซิเดชัน



ภาพที่ ๒ แผนผังแสดงเส้นทางและผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> (ที่มา: ตัดแปรงจาก “202007 Alveolus” by DataBase Center for Life Science, CC BY 4.0; “Heart Anterior Exterior View” by Lynch, P.J., CC BY 2.5; “Respiratory Function” by Brandenburg, B., CC BY-SA 3.0)

ภาวะการอักเสบมีบทบาทสำคัญและเกี่ยวข้องกับผลร้ายของฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> ต่อสุขภาพ อนุมูลอิสระออกซิเจนที่เป็นผลมาจากฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> เพิ่มการสร้างปัจจัยการอักเสบ (pro-inflammatory factors) (Ryu et al., 2019; Hong et al., 2016) ได้แก่ tumor necrotic factor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), interleukin-1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ), interleukin-6 (IL-6), interleukin-8 (IL-8), monocyte chemoattractant protein-1 (MCP-1) อนุมูลอิสระออกซิเจนสามารถเพิ่มการอักเสบในพยาธิกำเนิดของโรคหลายชนิดได้เช่นกัน ดังที่แสดงในภาพที่ ๒

ฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อยีน โดยปริมาณของ 7-hydro-8-oxo-2'-deoxyguanosine (8-oxodG) ที่เพิ่มขึ้นเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญของการที่ดีเอ็นเอถูกทำลาย (oxidative DNA damage) อนุมูลอิสระของออกซิเจนที่เกิดจากฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> เข้าทำลายดีเอ็นเอโดยทำให้สายดีเอ็นเอแตก ทำให้เพิ่มปริมาณ 8-oxodG และ endonuclease III ในเซลล์ (Lee et al., 2014)



ภาพที่ ๓ กลไกสำคัญของฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> ในการก่อให้เกิดภาวะและการกำเริบของโรค

### การป้องกันสุขภาพจากฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub>

สำหรับคนที่อยู่ในพื้นที่ที่มีค่าฝุ่นละอองเกินค่ามาตรฐานนั้น ขอแนะนำให้ตรวจสอบค่าฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> จากเว็บไซต์ของกรมควบคุมมลพิษหรือผ่านทางแอปพลิเคชัน Air4Thai โดยปัจจุบัน **ค่าเฉลี่ย ๒๔ ชั่วโมง มีค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> ไม่เกิน ๕๐ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร** และตั้งแต่วันที่ ๑ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๖ จะปรับค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> นี้มีค่าไม่เกิน **๓๗.๕ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร**

คำแนะนำทั่วไปสำหรับประชาชนคือ ประชาชนควรสวมใส่หน้ากากป้องกันฝุ่นทุกครั้งที่ออกจากที่พักอาศัย หรือไปในพื้นที่เสี่ยง เช่น พื้นที่แออัดและอากาศไม่ถ่ายเท รวมทั้งหลีกเลี่ยงกิจกรรมกลางแจ้ง และหากมีอาการผิดปกติ ควรรีบไปพบแพทย์ และควรระมัดระวังเป็นพิเศษสำหรับผู้ที่มีปัญหาด้านระบบทางเดินหายใจติดเชื้อได้ง่ายโดยเฉพาะเด็กและผู้สูงอายุ วิธีการป้องกันสุขภาพอนามัยส่วนบุคคลจากการสัมผัสและหลีกเลี่ยงการหายใจเอาฝุ่นละอองขนาดเล็กเข้าสู่ร่างกายที่ดีที่สุดคือ การเลือกสวมใส่หน้ากากที่เหมาะสม เช่น หน้ากากอนามัยแบบ เอ็น-๙๕ (N-95) ซึ่งมีชั้นกรองอากาศอย่างน้อย ๔ ชั้น ประกอบด้วยผ้าที่ผลิตจากเส้นใยโพลีโพรพิลีนชนิดไม่ถักทอทั้ง ๔ ชั้น ชั้นนอกและชั้นในเป็นผ้าแบบสปันบอนด์ (spunbond) มีลักษณะโครงสร้างของเส้นใยยาวต่อเนื่องที่สานกันอย่างหลวม ๆ มีช่องว่างระหว่างเส้นใยกับผ้าชั้นนอกเคลือบด้วยสารกันน้ำ เพื่อกรองอนุภาคฝุ่นขนาดใหญ่และป้องกันการซึมผ่านของละอองน้ำหรือสารคัดหลั่งเข้าสู่ร่างกาย ส่วนชั้นในของหน้ากากไม่เคลือบด้วยสารกันน้ำเพื่อให้สามารถดูดซับความชื้นหรือของเหลวได้ดี ป้องกันไม่ให้เชื้อโรคแพร่กระจายสู่คนอื่นและเพื่อความปลอดภัยต่อผิวหนังของผู้สวมใส่ หน้ากากต้องไม่ระคายเคืองผิวและไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้แก่ผู้สวมใส่ ส่วนชั้นตรงกลางเป็นผ้าแบบเมลต์โบลน (meltblown) ซึ่งมีลักษณะทางโครงสร้างของเส้นใยเล็กละเอียดแต่ไม่เป็นเส้นยาวต่อเนื่องที่สานกันอย่างหนาแน่น จึงมีช่องว่างระหว่างเส้นใยที่มีขนาดเล็กกว่าของผ้าแบบสปันบอนด์ ทำหน้าที่กรองสิ่งต่าง ๆ ได้แก่ ละอองลอย ฝุ่นต่าง ๆ และเชื้อโรค และมีชั้นกรองชนิดที่ผลิตจากเส้นใยที่มีสมบัติด้านไฟฟ้าสถิตเพิ่มขึ้นอีก ๑ ชั้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองฝุ่น PM<sub>2.5</sub> และเชื้อโรค ซึ่งมีประสิทธิภาพการกรองอนุภาคขนาด ๐.๓ ไมโครเมตร ได้มากกว่าร้อยละ ๙๕

ปัจจุบันมีการพัฒนาหน้ากากให้มีความหลากหลายชนิดมากขึ้น เช่น หน้ากากที่ติดตั้งระบบระบายอากาศที่ดีขึ้น หรือหน้ากากที่มีการใช้เส้นใยนาโนเพื่อสามารถกรองฝุ่นที่มีขนาดเล็กมาก ๆ ได้โดยที่ผู้ใช้ยังหายใจได้สะดวก หน้ากากที่มีระบบเติมตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงเพื่อกำจัดสารปนเปื้อนชนิดอื่นและเชื้อโรค อีกทั้งหน้ากากที่ผลิตจากวัสดุฐานธรรมชาติ เช่น เส้นใยจากต้นกล้วยง เส้นใยจากกากเมล็ดกาแฟ และเส้นใยจากพอลิเมอร์ฐานชีวภาพ เพื่อลดปริมาณขยะหน้ากากชนิดใช้ครั้งเดียว ลดปัญหาขยะพลาสติกทั้งชนิดไมโครพลาสติก/นาโนพลาสติก รวมถึงการใช้เครื่องกรองอากาศชนิดที่สามารถดักจับฝุ่นละอองขนาดเล็กได้ ทั้งนี้ ประชาชนควรหลีกเลี่ยงการเข้าไปอยู่ในสถานที่ที่มีฝุ่นปริมาณมาก สำหรับมาตรการการแก้ปัญหาของแต่ละประเทศนั้นมีความเหมือนและแตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับกิจกรรมของประชาชนในแต่ละพื้นที่และสภาพประเทศนั้น ๆ โดยส่วนใหญ่

มุ่งเน้นที่การจัดการแหล่งกำเนิดฝุ่น เช่น การจราจร การเผาในที่โล่ง การเผาเศษวัสดุการเกษตร การเผาขยะ การเผาไหม้เชื้อเพลิงอุตสาหกรรม การก่อสร้างอาคาร การสูบบุหรี่ การใช้เตาปิ้งย่างที่ทำให้เกิดควัน และสถานประกอบการต่าง ๆ เช่น อู่ซ่อมรถ ฟันสีรถ

## บทสรุป

ปัญหามลพิษทางอากาศโดยเฉพาะฝุ่นละอองขนาดเล็กหรือฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> ส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น ไอเสียของเครื่องยนต์ ควันจากการเผาขยะ เผาหญ้า ควันธูปหรือบุหรี่ กระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในโรงงาน ซึ่งนอกจากจะสร้างฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> ในอากาศแล้ว ยังปล่อยมลพิษอื่น ๆ ออกมาอีกด้วย เช่น สารไฮโดรคาร์บอน โลหะหนัก เมื่อเราหายใจเอาฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> เข้าไปในร่างกาย ก่อผลกระทบต่อสุขภาพและเป็นอันตรายต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกายอย่างมาก จึงควรป้องกันตัวเองให้ดีเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพจากอันตรายของฝุ่นละอองเหล่านี้ การป้องกันตัวที่ดีจะช่วยลดความเสี่ยงต่อความเจ็บป่วยจากโรคต่าง ๆ ที่มีปัจจัยมาจากฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> ในภายหลังได้ นอกจากนี้ ผู้อยู่อาศัยหรือชุมชนต้องช่วยกันดูแลรักษาคุณภาพอากาศให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมแก่การดำรงชีวิตเพื่อทุกคนในพื้นที่จะได้มีสุขภาพที่ดี

## เอกสารอ้างอิง

วิยงค์ กังวานศุภมงคล, อรรณพ คล้าชื่น, ศศิธร เอื้อวิริยะวิทย์, รัฐพร แสนเมืองชิน, พิชญา หมั่นศรี, ศิริมา ปัญญาเมธิกุล และ ธีฎภัตสรร์ ทองเย็น (๒๕๖๕) รายงานฉบับสมบูรณ์ การตรวจวิเคราะห์หาการกระจายขนาดและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM<sub>2.5</sub>) ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพมหานคร

Brandenburg, B. (2006) Respiratory Function. [[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Respiratory\\_function\\_by\\_Bryan\\_Brandenburg.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Respiratory_function_by_Bryan_Brandenburg.jpg), accessed on October 10, 2022]

Brook, R.D., Franklin, B., Cascio, W., Hong, Y., Howard, G., Lipsett, M., Luepker, R., Mittleman, M., Samet, J., Smith, S.C. Jr. and Tager, I. (2004) Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. Air pollution and Cardiovascular Disease: a Statement for Healthcare Professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation*. 109, 2655–2671.

Cho, C.C., Hsieh, W.Y., Tsai, C.H., Chen, C.Y., Chang, H.F. and Lin, C.S. (2018) In Vitro and In Vivo Experimental Studies of PM<sub>2.5</sub> on Disease Progression. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 15(7), 1380.

DataBase Center for Life Science. (2007) 202007 Alveolus. [[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:202007\\_alveolus.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:202007_alveolus.svg), accessed on October 10, 2022]

Edonasela. (2015) Eritrocitet. [<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eritrocitet.jpg>, accessed on October 10, 2022]

Ghio, A.J., Carraway, M.S. and Madden, M.C. (2012) Composition of Air Pollution Particles and Oxidative Stress in Cells, Tissues, and Living Systems. *J. Toxicol. Environ. Health B Crit. Rev.* 15, 1-21.

- Hong, Z., Guo, Z., Zhang, R., Xu, J., Dong, W., Zhuang, G. and Deng, C. (2016) Airborne Fine Particulate Matter Induces Oxidative Stress and Inflammation in Human Nasal Epithelial Cells. *Tohoku J. Exp. Med.* 239(2), 117-125.
- Jmarchn, L.A. (2010) Illu conducting passages. [[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Illu\\_conducting\\_passages.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Illu_conducting_passages.svg), accessed on October 10, 2022]
- Lee, M.S., Eum, K.D., Fang, S.C., Rodrigues, E.G., Modest, G.A. and Christiani, D.C. (2014) Oxidative Stress and Systematic Inflammation as Modifiers of Cardiac Autonomic Responses to Particulate Air Pollution. *Int. J. Cardiol.* 176(1), 166-170.
- Lynch, P.J. (2006) Heart Anterior Exterior View. [[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Heart\\_anterior\\_exterior\\_view.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Heart_anterior_exterior_view.jpg), accessed on October 10, 2022]
- Ryu, Y.S., Kang, K.A., Piao, M.J., Ahn, M.J., Yi, J.M., Hyun, Y.M., Kim, S.H., Ko, M.K., Park, C.O. and Hyun, J.W. (2019) Particulate Matter Induces Inflammatory Cytokine Production via Activation of NF $\kappa$ B by TLR5-NOX4-ROS Signaling in Human Skin Keratinocyte and Mouse Skin. *Redox Biol.* 12, 101080.
- World Health Organization. (2015) Resolution WHA68.8. Health and the Environment: Addressing the Health Impact of Air Pollution. In: Sixty-eighth World Health Assembly, Geneva, 18–26 May 2015. Geneva: World Health Organization. [<https://apps.who.int/iris/handle/10665/253237>, accessed on October 10, 2022]