บทที่ 2

การศึกษาด้านเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บรรยากาศและส่วนประกอบของอากาศในบรรยากาศ

บรรยากาศเป็นเสมือนผ้าห่มผืนใหญ่ของโลก เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต ในแต่ละวันมนุษย์จะหายใจเอาอากาศเข้าไประหว่าง 30-35 ปอนด์ และเอาออกซิเจนในอากาศมาเพื่อการดำรงชีวิต อากาศในบรรยากาศประมาณได้ว่ามี 6 ร้อยล้านล้านตัน และเคลื่อนไหวรอบโลกทั้งในแนวนอนและแนวดิ่ง ปัจจุบันอากาศเริ่มมีข้อจำกัด เพราะเนื่องจากคุณภาพอากาศที่ดีถูกทำลาย ทำให้เสื่อมโทรมลงทั้งโดยธรรมชาติ และน้ำมือมนุษย์ ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศที่มีต่อสุขภาพมนุษย์และสภาพแวดล้อม

Salle (1978) ในอากาศที่มนุษย์ใช้หายใจตามปกติ มีส่วนประกอบด้วยก๊าซชนิดต่าง ๆ ไอน้ำ ฝุ่นละออง และอื่น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 ในส่วนประกอบของอากาศเหล่านี้จะมีปริมาณของก๊าซคงที่จะมี ไอน้ำ และฝุ่นละอองแตกต่างไปตามสภาวะแวดล้อมของบรรยากาศ เมื่อมีก๊าซอื่น หรืออนุภาคบางอย่างเจือปนเข้าไปก็จะทำให้อากาศนั้นสกปรก หรือเกิดมลพิษทางอากาศ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นเฉพาะที่ หรือเกิดทั่ว ๆ ไปครอบคลุมบริเวณกว้างขวางก็ได้

มลพิษทางอากาศ และผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ

มลพิษทางอากาศ ได้มีนักวิชาการหลายท่านได้ให้คำจำกัดความไว้ดังนี้

พระราชบัญญัติส่งเสริม และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2535) ให้ความหมาย “อากาศเสีย” ว่า ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นไอเสีย กลิ่นควัน ก๊าซ เขม่า ฝุ่นละออง เถ้าถ่าน หรือมลสารอื่น ๆ ที่มีสภาพละเอียดเบาบางจนสามารถรวมตัวอยู่ในบรรยากาศได้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของอากาศ

ส่วนประกอบ	ร้อยละ
ไนโตรเจน	78.03
ออกซิเจน	20.99
อาร์กอน	0.94
คาร์บอนไดออกไซด์	0.03
ไฮโดรเจน	0.01
ไอน้ำ	0 - 4
นีออน	18.18 พี ที เอ็ม
ฮีเลียม	5.24 พี ที เอ็ม
โอโซน	0.1 - 0.2 พี ที เอ็ม
ฝุ่นละออง*	0 - 1,000,000 อนุภาคต่อมิลลิลิตร

*ประกอบด้วยแบคทีเรีย ยีสต์ รา ไวรัส และอื่น ๆ

แสงสันต์ พานิช (2530) ให้คำจำกัดความว่า "มลพิษทางอากาศ" หมายถึง สารซึ่งเมื่ออยู่ในอากาศ แล้วก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต สุขภาพ ทรัพย์สินของประชาชน หรือก่อให้เกิดความเดือดร้อน

สุมาลี พิตรากุล (2532) ให้ความหมายว่า "มลพิษทางอากาศ" หมายถึง ภาวะที่มีสิ่งเจือปนในอากาศปริมาณมากจนถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ พืช และทรัพย์สิน สิ่งเจือปนในอากาศเหล่านี้คือ ออกไซด์ของไนโตรเจน กำมะถัน เขม่า กัมมันตภาพรังสี สารปรอท ตะกั่ว และคาร์บอน สิ่งเหล่านี้หากเจือปนอยู่ในบรรยากาศเกินอัตรา จะก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ

สุทิน อยู่สุข (2533) ให้ความหมายว่า "มลพิษทางอากาศ" หมายถึง การที่อากาศเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพปกติตามธรรมชาติโดย

- การที่องค์ประกอบที่มีอยู่เดิมตามธรรมชาติชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือหลายชนิด มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ

- มีสิ่งแปลกปลอมไปจากองค์ประกอบตามธรรมชาติเข้าไปปะปนอยู่ด้วยอย่างน้อยหนึ่งชนิด และสิ่งแปลกปลอมนี้อาจจะอยู่ในรูปของ ฝุ่น ก๊าซ ไอระเหย ฟูม ละออง ควัน และกลิ่นก็ได้

ซึ่งการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบดังกล่าวนี้มีปริมาณ และระยะเวลาสัมผัสเพียงพอที่จะทำให้เกิดอันตราย หรือผลเสียหายต่อชีวิตมนุษย์ สัตว์ พืช หรือทำความเสียหายให้แก่วัสดุ สิ่งของ รวมทั้งรบกวนการดำรงชีวิต และความผาสุขของมนุษย์

มลพิษทางอากาศ หรืออากาศสกปรกมักมีผลส่วนใหญ่ต่อระบบทางเดินหายใจ ทำให้สุขภาพเสื่อมในพิกัดต่าง ๆ กันแล้วแต่ความรุนแรงของสภาวะมลพิษอากาศ ดังนี้ (มุกดา ตฤษณานนท์ และคณะ 2537)

1. การสัมผัสอากาศสกปรกรุนแรง ทำให้มีอัตราป่วยและอัตราการตายสูง เช่นที่กรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ เดือนธันวาคม พ.ศ. 2495 มลพิษทางอากาศทำให้ประชาชนเสียชีวิตไปประมาณ 4,000 คน เนื่องจากโรคหลอดลมอักเสบ โรคระบบการหายใจหย่อนสมรรถภาพการทำงานของปอด โรคปอดอุดตันเรื้อรัง และโรคหัวใจ การที่คนเสียชีวิตเป็นจำนวนมากนั้นเกิดจากความผิดปกติของอากาศ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราการตายในกรุงลอนดอนที่เพิ่มขึ้นระหว่างเกิดหมอกควันในปี พ.ศ. 2495*

สาเหตุการตาย	ในฤดูปกติ (จำนวนที่ตายต่อสัปดาห์)	หลังเกิดหมอก (จำนวนที่ตายต่อสัปดาห์)	จำนวนที่ตายเกินจากฤดูปกติ	ร้อยละของจำนวนที่ตายเกินฤดูปกติ
โรคหลอดลมอักเสบ	75	704	629	39
โรคปอดอื่น ๆ	98	366	268	17
โรคหลอดเลือดแดงโคโรนารีย์, กล้ามเนื้อหัวใจเสื่อมสภาพ	206	525	319	20
โรคอื่น ๆ	908	889	381	24
รวม	887	2,484	1,597	100

* สถิติของมหานครลอนดอน (ประชากร 3.3 ล้าน)

2. ผลจากการสัมผัสอากาศสกปรกเรื้อรังต่อการตายและการเกิดโรค ได้มีการศึกษาในหลายแห่งสรุปว่าผลของการสัมผัสต่ออากาศเสียไม่มากนัก แต่เป็นเวลานาน จะทำให้สุขภาพเสื่อมโทรมได้ โดยเฉพาะการเกิดโรคปัจจุบันของทางเดินอากาศหายใจส่วนต้นชนิดไม่จำเพาะ, อักเสบเรื้อรัง, และโรคของปอดชนิดอื่น ๆ, เช่น โรคหืดและโรคถุงลมปอดโป่งพอง เป็นต้น ทำให้อัตราป่วยและอัตราตายเพิ่มมากขึ้น

3. การสัมผัสอากาศสกปรกกับการเสื่อมสมรรถภาพการทำงานของปอด ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจเรื้อรังอยู่แล้ว เมื่อได้รับอากาศเสียเข้าไปอีก การทำหน้าที่ของปอดก็จะเสื่อมสมรรถภาพ และทำให้อาการกำเริบขึ้น ที่เห็นได้ชัดก็คือมีแรงต้านต่อการไหลของอากาศเข้าออกจากปอด

แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในอากาศ

แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติ (Natural Particle) ได้แก่ ดิน ทราย หิน ละอองไอน้ำ เขม่าควันจากไฟป่า และฝุ่นเกลือจากทะเล เป็นต้น อีกประเภทหนึ่ง คือ ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์สร้างขึ้น (Man-made Particle) ซึ่งฝุ่นละอองที่มาจากกิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้นนี้ แม้ว่าจะมีอยู่ในบรรยากาศในปริมาณที่น้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติ แต่จะมีความสำคัญในการที่จะทำลายบรรยากาศได้มากกว่า เนื่องจากมักจะเกิดขึ้นในชุมชนที่มีประชาชนอาศัยอยู่หนาแน่น และมักจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่มีผลต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ ซึ่งโดยทั่วไปฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์นี้ มักจะมีปริมาณอยู่ในบรรยากาศเป็นจำนวน 5 ถึง 50% ของฝุ่นละอองทั้งหมดที่มีอยู่ในบรรยากาศ ฝุ่นละอองส่วนใหญ่ที่อยู่ในบรรยากาศมีขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมโครเมตร และความหนาแน่นของฝุ่นละอองจะมีตั้งแต่จำนวน 200 ต่อลูกบาศก์เมตร (พบบริเวณเหนือมหาสมุทร) ไปจนถึงจำนวนล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และการหักเหของแสงในบรรยากาศโดยฝุ่นละออง ส่วนมากเกิดจากฝุ่นละอองที่มีขนาด 0.1 ถึง 10 ไมโครเมตร ซึ่งฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมโครเมตร สามารถแขวนอยู่ในบรรยากาศได้ในช่วงเวลายาวนาน โดยศึกษาจากการนับฝุ่นละอองในบรรยากาศด้วยกล้องจุลทัศน์ ในเวลาซึ่งแตกต่างกัน แต่พบว่าองค์ประกอบในเรื่องขนาดของฝุ่นละอองมีลักษณะเกือบคงเดิม (Suess, 1985)

ผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสุขภาพอนามัย

โชคชัย เมธีไตรรัตน์ (2539) ในด้านผลกระทบต่อสุขภาพ เกิดได้จากการที่คนเราในแต่ละวันหายใจเอาฝุ่นละออง สารเคมี เชื้อโรคซึ่งเกาะอยู่ในรูปอนุภาคแขวนลอย และสารประกอบอินทรีย์ระเหยเข้าไปในทางเดินอากาศหายใจเป็นปริมาณหลายพันล้านหน่วย อนุภาคแขวนลอยเหล่านี้จะไปตกและเกาะอยู่ตามเยื่อบุผิวตั้งแต่โพรงจมูก ปาก คอหอย กล่องเสียง หลอดลมประธาน หลอดลมใหญ่จนถึงถุงลมปอด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ขนาด ชนิด

รูปร่าง และคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของอนุภาคนั้น ๆ โดยทั่วไปอนุภาคแขวนลอยมีขนาดตั้งแต่ 0.001 - 100 ไมโครเมตร อนุภาคขนาด 0.1 - 5 ไมโครเมตร สามารถลอยผ่านส่วนต่าง ๆ ของทางเดินอากาศหายใจไปเกาะที่เยื่อบุผิวหลอดลมฝอยส่วนปลาย และถุงลมปอดโดยตรง แต่อนุภาคที่มีขนาดใหญ่มากกว่า 10 ไมโครเมตร มักจะถูกกำจัดโดยสารคัดหลั่งในโพรงจมูก และช่องทางเดินหายใจส่วนบน

มลพิษที่เป็นปัญหาหลักสำคัญกับระบบทางเดินหายใจ มักจะเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (suspended particulate matter, SPM หรือ PM10) หมายถึง ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ซึ่งสามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจส่วนปลายได้ ซึ่งมีผลกระทบต่อร่างกายโดยทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของระบบทางเดินหายใจ

จากการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) จาก 2 สถานีหลักของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ ซึ่งเริ่มทำการตรวจวัดตั้งแต่ปี 2535 จนถึงปัจจุบัน พบว่าค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของทั้ง 2 สถานีเกินค่ามาตรฐานของประเทศไทย (120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) คืออยู่ในช่วง 159.8-264.9 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ยต่อปีของทุกสถานีเกินมาตรฐานของประเทศไทย (50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ทุกปี ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย PM10 ต่อปี ($\mu g/m^3$)* ในปี พ.ศ. 2535- 2539**

สถานีตรวจอากาศ	ปี พ.ศ.				
	2535	2536	2537	2538	2539***
โรงพยาบาลจุฬาฯ	64.10	66.86	62.89	72.73	77.80
วงเวียนโอเดียน	54.90	93.78	71.67	45.51	99.30

* ค่ามาตรฐาน = 50 $\mu g/m^3$

** นันทวรรณ วิจิตรวาทการ และคณะ (2540)

*** มีข้อมูลจากมกราคม ถึงเมษายน

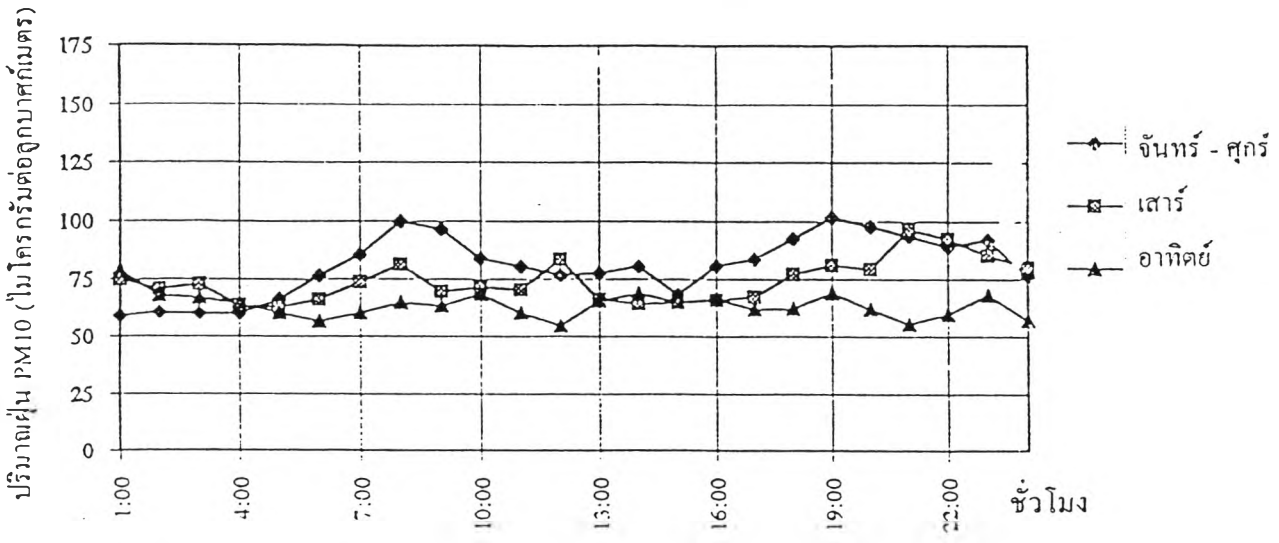
และจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของแต่ละเวลาใน 24 ชั่วโมง ของ 2 สถานี จากปี 2537 - 2539 พบว่า

1. ค่าเฉลี่ยจากวันจันทร์ถึงวันศุกร์ (ซึ่งเป็นเวลาทำงานและคาดว่าจะมีการจราจรหนาแน่นกว่าวันหยุดงาน) สูงกว่าวันเสาร์ และวันอาทิตย์ (รูปที่ 1 และ 2)

2.วันอาทิตย์ซึ่งเป็นวันที่มีการจราจรเบาบางที่สุดในสัปดาห์ จะมีค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นต่ำกว่าวันอื่น ๆ

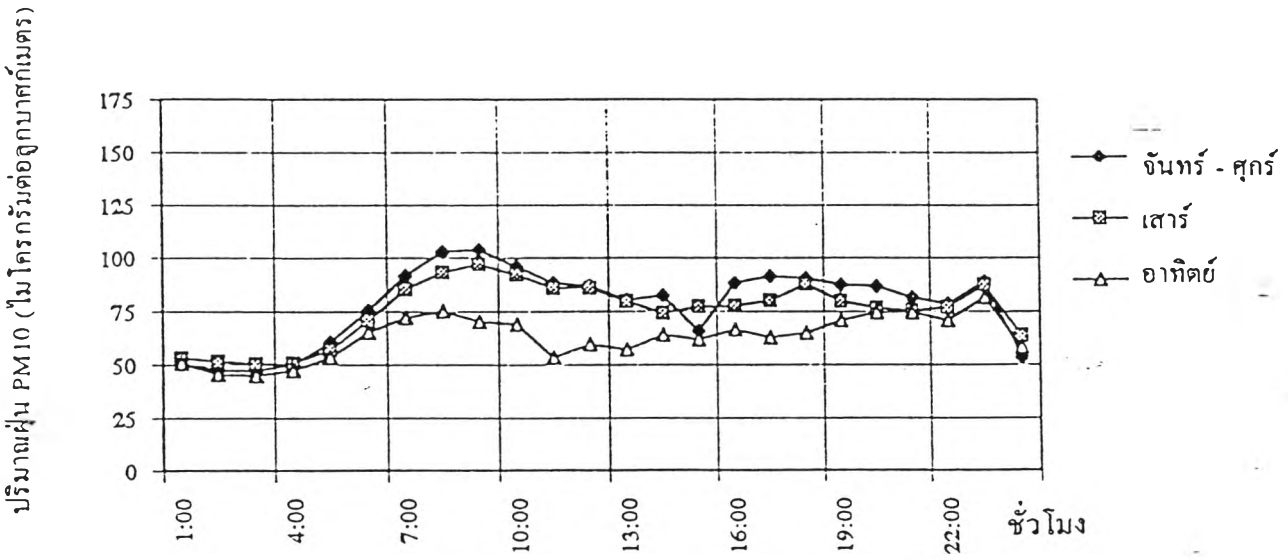
3. ในแต่ละวันปริมาณฝุ่น (PM10) จะเริ่มเพิ่มขึ้นในเวลาประมาณ 5.00 น. และจะขึ้นสูงสุดประมาณ 8.00 - 9.00 น. ในเวลาต่อมาปริมาณจะลดลงเล็กน้อย และคงที่อยู่ในระดับหนึ่งถึง 17.00 น. ปริมาณฝุ่นจะขึ้นสูงสุดอีกทีในเวลา 19.00 - 21.00 น.

จากการศึกษาโครงการปัญหาฝุ่นละอองผลกระทบต่อสุขภาพ และแนวโน้มเชิงนโยบาย ซึ่งทำการศึกษาโดย นันทวรรณ วิจิตรวาทการ และคณะ (2540) ซึ่งการศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อดูผลกระทบของปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) ต่อสุขภาพของเด็กนักเรียนในกรุงเทพมหานคร โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วนคือ การศึกษาแบบภาพตัดขวาง



รูปที่ 1 ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่น PM10 ที่บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ (จันทร์ - อาทิตย์) พ.ศ. 2538

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ (2538)



รูปที่ 2 ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่น PM10 ที่บริเวณวงเวียนโอเดียน (จันทร์ - อาทิตย์) พ.ศ. 2538

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ (2538)

(Cross-sectional study) และแบบรูปตัดทางยาว (Longitudinal study) ในการศึกษาแบบภาพตัดขวางทำการศึกษาในตัวอย่างทั้งหมด 1,203 ตัวอย่างจากโรงเรียน 6 โรงเรียน คือ โรงเรียนสวนลุมพินี โรงเรียนวัดเสมียนนารี โรงเรียนวัดบัวขวัญ โรงเรียนวัดหัวลำโพง โรงเรียนวัดประยุรวงศ์ และโรงเรียนบางจาก โดยเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ปกครองเกี่ยวกับประวัติการเจ็บป่วยของเด็กนักเรียน สภาพแวดล้อมของที่พักอาศัย และความสูญเสียทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดการเจ็บป่วย ด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ และทำการตรวจร่างกาย และตรวจวัดสมรรถภาพปอด ส่วนการศึกษาแบบรูปตัดหางยาว ทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างเดิม จำนวน 160 คน โดยการเก็บข้อมูลรายวันเกี่ยวกับอาการระบบทางเดินหายใจ และค่าสมรรถภาพปอด โดยการเป่า Mini Wright Peak-flow-meter ติดต่อกันทุกวันเป็นเวลา 56 วัน ผลการศึกษาพบว่าอาการเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจเกือบทุกอาการของโรงเรียนในกลุ่มที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) อยู่ในระดับสูง และปานกลาง มีอัตราชุกสูงกว่าโรงเรียนที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) ในระดับต่ำ เช่น อาการเจ็บคอ (OR (95%CI)) = 1.8 (1.2, 2.6) และ 1.9 (1.2, 3.0) ตามลำดับ แสบตา (OR (95%CI) = 3.0(1.8ม 4.9), 2.4(1.4, 4.0) ไอเสมหะ > 3 สัปดาห์ใน 3 ปีที่ผ่านมา (OR (95%CI)) = 1.7(1.0, 3.1), 1.8(1.1, 1.3) แน่นหน้าอก (OR (95%CI)) = 3.2(1.9, 5.6), 2.1(1.2, 3.6) ส่วนอาการหอบหืดจนต้องเข้าโรงพยาบาล มีเพียงกลุ่มที่ได้รับฝุ่นระดับสูงเท่านั้นที่มีอัตราเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญ (OR (95%CI)) = 3.0(0.1, 8.1)

จากการที่ตรวจพบว่ามลพิษในอากาศที่สำคัญ คือ ฝุ่นละออง (Suspended Particulate Matter, SPM) สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ โดยความร่วมมือของประเทศญี่ปุ่น ได้รายงานองค์ประกอบ และที่มาของฝุ่นละออง ด้วยวิธี Chemical mass balance ว่ารถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทำให้เกิดฝุ่นละอองร้อยละ 40 เป็นฝุ่นดินร้อยละ 40-50 และเป็นฝุ่นจากอุตสาหกรรม ต่ำกว่าร้อยละ 10 ฝุ่นละอองที่พบในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าร้อยละ 60 มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร โดยมีขนาดอยู่ในช่วง 0.6 - 1.0 ไมโครเมตร และ 5-7 ไมโครเมตร จะเห็นว่าเป็นฝุ่นที่มีขนาดเล็ก สามารถผ่านเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ และก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพอนามัยได้ เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่า ผลของมลพิษอากาศต่อสุขภาพอนามัยจะมีความรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของมลพิษนั้น ๆ ปริมาณที่ร่าง

กายได้รับ ระยะเวลาที่ได้รับ ความต้านทานของร่างกาย นอกจากนี้สารต่าง ๆ อาจมีการสร้างเสริมหรือหักล้างซึ่งกันและกัน ซึ่งยากต่อการหาสาเหตุ ผลของมลพิษโดยทั่วไปอาจมีการเปลี่ยนแปลงในร่างกายโดยไม่แสดงอาการ หรือจนกระทั่งปรากฏอาการ และเสียชีวิตได้ แต่ผลของสารต่าง ๆ เหล่านั้นอาจเกิดขึ้นทันทีทันใดก็ได้ หรือให้ผลต่อเนื่องจนเกิดเป็นโรคเรื้อรัง เช่น มะเร็งปอด ในส่วนของฝุ่นละอองที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ มักจะทำให้เกิดความระคายเคืองของอวัยวะทางเดินหายใจตอนต้น แต่ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่าจะเป็นตัวสำคัญที่มีผลเสียต่อสุขภาพมาก เนื่องจากสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่างได้ และสารบางชนิดซึ่งติดไปกับฝุ่นละออง และมีความสามารถละลายน้ำได้ก็จะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิต และก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2535)

การแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ

Louis Pasteur เป็นคนแรกที่ได้ทดลองให้เห็นว่าในอากาศมีแบคทีเรียปะปนอยู่ด้วย และต่อมาในปี ค.ศ. 1867 Joseph Lister ได้เป็นผู้ริเริ่มนำ carbolic acid หรือ phenol มาฉีดพ่นในห้องผ่าตัดเพื่อทำลายจุลินทรีย์ต่าง ๆ เป็นการช่วยลดปัญหาการติดเชื้อให้กับผู้ป่วย

ปี ค.ศ. 1897 - 1898 ศาสตราจารย์ Flugge แห่งมหาวิทยาลัยเบรสลีได้ทดลอง พบว่าอากาศเป็นแหล่งแพร่ระบาดของโรคต่าง ๆ ได้ จนกระทั่งในสมัยปลายสงครามโลกครั้งที่ 1 Stillman ได้พบว่าอากาศเป็นแหล่งแพร่ระบาดของโรคที่เกิดจาก ***Streptococcus pneumoniae, S. pyogenes*** และ ***Klebsiella***

จุลินทรีย์ที่พบในอากาศจะมีชนิดและปริมาณแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและการแพร่กระจายของฝุ่นละออง ในสภาพแวดล้อมที่มีกิจกรรมสูงจะมีปริมาณแบคทีเรียมากกว่าสภาพแวดล้อมที่มีกิจกรรมต่ำกว่า อากาศในห้องที่มีฝุ่นละออง หรือห้องที่สกปรกจะมีจุลินทรีย์มากกว่าอากาศในห้องที่สะอาด และอากาศบริเวณที่มีการเพาะปลูกจะมีจุลินทรีย์มากกว่าอากาศบริเวณที่ไม่มีการเพาะปลูกและโคลนตม จุลินทรีย์ในอากาศส่วนมากจะได้มาจากการเคลื่อนย้ายของจุลินทรีย์ จากแหล่งหนึ่งไปยังอีกแหล่งหนึ่งโดยการพัดพาของลม เช่น สปอร์ของราที่พบทั่วไปบนพื้นดินจะพบได้ในอากาศเหนือทะเลที่ห่างจากแผ่นดินใหญ่ถึง 643.6 กิโลเมตร หรือ 400 ไมล์ หรือสปอร์ของราจากผิวหน้าดินจะพบในอากาศเหนือพื้นดินในระดับสูงถึง 10,000 ฟุต

จุลินทรีย์ในอากาศนั้นมีทั้งแบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส โปรโตซัว ทั้งในรูปของสปอร์และ vegetative form และมีที่มาต่าง ๆ กัน จากคน สัตว์ พืช และธรรมชาติ เช่น ฝุ่นละออง ดิน น้ำ แต่ส่วนมากเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อโรค มีเพียงส่วนน้อยที่สามารถก่อโรคได้ และมีความทนทานในอากาศได้ดี เนื่องจากการยังชีพในอากาศของจุลินทรีย์มีความแตกต่างกันในแต่ละชนิด บางชนิดไวต่อออกซิเจน ถูกทำลายได้ง่าย บางชนิดต้องการอาหารพิเศษเพื่อการเจริญเติบโต หรืออุณหภูมิ ความชื้นบางชนิดจะสร้างสปอร์ และยังชีพอยู่ได้นานเป็นปีในธรรมชาติ ดังนั้นจุลินทรีย์ในอากาศที่ก่อโรคได้นั้นจึงมีอยู่ไม่มาก ส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อโรค อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะไม่สามารถก่อโรคได้หากมีปริมาณมากเกิน หรือได้รับบ่อย ๆ (expose) ก็สามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันของร่างกายให้เกิดเป็นโรคภูมิแพ้ได้ (hypersensitivity) แสดงในตารางที่ 4 จุลินทรีย์ในอากาศนั้นจะอยู่รวมกับอนุภาคของฝุ่นละออง หรือที่เรียกว่าละอองอากาศ (aerosols) ซึ่งอาจมีขนาดเล็กที่สุดคือ 1 ไมโครเมตร ไปจนถึง 100 ไมโครเมตร ถ้าใหญ่กว่านี้จะตกลงสู่พื้นดินได้ในเวลาอันรวดเร็วจึงไม่ฟุ้งกระจายไปในอากาศ ละอองที่พบว่ามีจุลินทรีย์มักมีขนาดระหว่าง 4-20 ไมโครเมตร แต่ที่น่าสนใจคือ ละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร เนื่องจากเป็นขนาดที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของเราได้ (respirable particles) และถ้าเล็กกว่า 5 ไมโครเมตร จะเป็นพวกที่สามารถลงถึงถุงลมปอด และทางเดินหายใจส่วนปลายที่ติดกับถุงลมปอดได้ (nonciliated respiratory bronchioles) ซึ่งจะตกค้างเป็นเวลานาน และก่อให้เกิดการติดเชื้อ หรือภูมิแพ้ขึ้นได้ (กนกรัตน์ ศิริพานิชกร 2538)

ตารางที่ 4 ลักษณะที่แตกต่างกันของจุลินทรีย์ในอากาศภายนอก และอากาศภายในอาคารสถานที่*

ลักษณะ	จุลินทรีย์ในอากาศภายนอกอาคารสถานที่	จุลินทรีย์ภายในอากาศภายในอาคารสถานที่
ที่มา	จากธรรมชาติ พืช สัตว์ คน	จากจุลินทรีย์ประจำถิ่นของคนเป็นส่วนมาก
ปริมาณ	มาก มีประมาณ 3 เท่าของอากาศในอาคาร	โดยทั่วไปน้อยกว่าอากาศภายนอก และขึ้นอยู่กับกิจกรรมของคนในสถานที่นั้น
ชนิดของจุลินทรีย์	หลากหลาย	น้อยชนิด
อิทธิพลของสิ่งแวดล้อม (UV, humidity, pollution, etc)	มีผลกระทบมาก	มีผลกระทบน้อย
การกระจายตัว	ไม่สม่ำเสมอขึ้นกับหลายปัจจัย	ค่อนข้างสม่ำเสมอ อากาศมักนิ่ง หรือมีความเร็ว ต่ำ

*กนกรัตน์ ศิริพานิชกร (2541)

จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคที่พบแพร่ระบาดในอากาศ ส่วนมากมาจากระบบทางเดินหายใจมากที่สุด โรคติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจนอกจากจะติดต่อได้โดยการสัมผัสกับผู้ป่วยโดยตรงด้วยการไอหรือจามแล้ว ยังสามารถติดต่อได้ทางอ้อมด้วยการหายใจนำเชื้อที่ปะปนในอากาศเข้าสู่ร่างกาย การติดเชื้อในลักษณะนี้เรียกว่า droplet infection การไอหรือจามแต่ละครั้งจะมีอนุภาคต่าง ๆ และจุลินทรีย์แพร่กระจายออกมาเป็นจำนวนมากในการไอหรือจามที่ไม่มีการปิดกั้นด้วยผ้าเช็ดหน้า หรือวัสดุอื่น ๆ จะทำให้จุลินทรีย์แพร่กระจายได้ไกลมากถึง 15 ฟุต จึงก่อให้เกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจของทหารเรือในเรือดำน้ำไพลาริส ของสหรัฐอเมริกาที่ได้ปฏิบัติการใต้น้ำเป็นเวลานาน 2 เดือน พบว่าในระยะแรกทหารเรือจำนวน 130-140 คนจะเป็นโรคติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจกันมาก แต่ในระยะ

หลังจะมีการติดเชื้อได้น้อยมาก เนื่องจากร่างกายมีการสร้างภูมิต้านทานขึ้นต่อต้านเชื้อเหล่านี้

เชื้อจุลินทรีย์ที่พบอาจเป็นชนิดที่ทำให้เกิดโรค (pathogenic microorganisms) จะก่อให้เกิดโรคเมื่อร่างกาย ได้รับเชื้อโรคเข้าไป หรือเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค (nonpathogenic microorganisms) ซึ่งจะอยู่ในสภาวะแวดล้อม ดิน น้ำ อากาศ นอกจากนี้ยังอาศัยอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ผิวหนัง ทางเดินหายใจ โดยไม่ทำให้เกิดโรคในสภาวะปกติ แต่ถ้าไปเจริญอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ผิดแปลกไป ก็อาจจะทำให้เกิดโรคติดเชื้อนั้น ๆ ได้ อย่างไรก็ตามในแง่ของโรคติดเชื้อจุลินทรีย์ อาจจำแนกเชื้อจุลินทรีย์ได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่คือ แบคทีเรีย (Bacteria) เชื้อรา (Fungus) ไวรัส (Virus) แต่ในที่นี้จะกล่าวเน้นถึงแบคทีเรียเท่านั้น (คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล, 2536)

แบคทีเรีย

แบคทีเรีย เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เป็นเซลล์เดียว จัดอยู่ในพวก prokaryote cell ขนาดโดยเฉลี่ยประมาณ 1 ไมโครเมตร รูปร่างลักษณะของเชื้อแบคทีเรียชนิดเดียวกัน อาจจะผิดแผกกันไปได้บ้าง ขึ้นอยู่กับระยะที่เชื้อเจริญเติบโต และภาวะแวดล้อมที่มันอยู่ด้วย โดยทั่วไปเราสามารถจำแนกรูปร่างของแบคทีเรียได้เป็น 3 ลักษณะคือ

1. ทรงกลม (spherical) เป็นพวกที่มีลักษณะกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง ด้านกว้างและด้านยาวใกล้เคียงกันมาก บางชนิดอาจมีรูปทรงกลมที่เพี้ยนไปบ้าง เช่น รูปร่างกลมที่มีซีกด้านข้างหนึ่งแบนคล้ายรูปไต แบคทีเรียรูปร่างกลมเหล่านี้เรียกว่า coccus นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งตามลักษณะการเรียงตัวได้ เช่น ***Staphylococcus*** หมายถึง พวกที่มีการเรียงตัวเป็นกลุ่ม ๆ ***Streptococcus*** หมายถึงพวกที่มีการเรียงตัวเป็นสายยาว เป็นต้น

โดยวิธีนี้แบ่ง streptococci ออกเป็น 3 ชนิดคือ

1. β - hemolytic streptococci

มีการสลายเม็ดเลือดแดงได้อย่างสมบูรณ์ (complete hemolysis) รอบโคโลนีเป็นวงใสเกิดขึ้น เกิดจากเม็ดเลือดแดงใน blood agar แตกสลายไปโดยเอนไซม์ hemolysin หรือ streptolysin ที่เชื้อสร้างขึ้นและปล่อยออกมา เช่น *S. pyogenes*

hemolysin หรือ streptolysin มี 2 ชนิดคือ

Streptolysin S ----- คงที่ ในบรรยากาศที่มี O_2 และสามารถสะกัดได้โดยใช้ซีรั่ม (Serum extractable) ทำให้เกิดการสลายตัวของเม็ดเลือดแดงของโคโลนีที่อยู่บนผิวของ blood agar ประมาณร้อยละ 2 ของ group A streptococci ไม่สร้าง streptolysin S จึงไม่มี hemolysin เกิดขึ้นรอบ ๆ โคโลนีบนผิว blood agar และทำให้การพิสูจน์เชื้อผิดพลาดได้

Streptolysin O ----- Oxygen labile สารนี้ถูกทำลายเมื่อสัมผัสกับ O_2 ในบรรยากาศ ทำให้เกิด hemolysin เฉพาะโคโลนีที่อยู่ในเนื้อมีเดีย

2. α - hemolytic streptococci

มีการสลายเม็ดเลือดแดงเกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์ (partial หรือ incomplete hemolysis) เม็ดเลือดแดงถูกทำลายเพียงบางส่วนแต่ยังไม่สลาย อาหารเลี้ยงเชื้อที่อยู่รอบ ๆ โคโลนีเปลี่ยนเป็นสีเขียวปนน้ำตาลโดยเกิดสารชนิดหนึ่งชื่อ biliverdin ที่สลายมาจากฮีโมโกลบิน Streptococci ชนิดนี้ไม่มีเอนไซม์ hemolysin ส่วนใหญ่ของ α - hemolytic streptococci ได้แก่ viridans Streptococci ซึ่งเป็น normal flora ในช่องปาก viridans มาจากคำว่า "viridis" แปลว่าสีเขียว เชื้อกลุ่มนี้ประกอบด้วยหลายสปีชีส์ เช่น *S. salivarius*

3. γ - hemolytic หรือ non hemolytic streptococci

รอบ ๆ โคโลนีจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ไม่มีการเปลี่ยนสี และการสลายเม็ดเลือดแดงในอาหารเลี้ยงเชื้อไม่สร้างเอนไซม์ hemolysin เชื้อกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ตามปกติในลำไส้ เช่น *S. faecalis* และ *S. pneumoniae* ซึ่งปกติจะพบในทางเดินหายใจ ส่วนบนของคนทำให้เกิดต่าง ๆ ปอดบวม ไซนัสอักเสบ เยื่อหุ้มสมองอักเสบ

2. ทรงท่อน (Bacilli) บางชนิดมีรูปร่างเป็นท่อนตรง ท่อนสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปท่อนอ้วน สั้น คล้ายรูปไข่ รูปทรงกระบอก รวมเรียกว่า bacillus

Bacillus spp. อยู่ในกลุ่มแบคทีเรียแกรมบวก ใช้อากาศสำหรับการหายใจ รูปร่างเป็นท่อนยาวติดต่อกัน เชื้อที่ทำให้เกิดโรค คือ ***Bacillus anthracis***. ทำให้เกิดโรคในคน, สัตว์ที่กินพืชเป็นอาหาร เมื่อร่างกายได้รับเชื้อนี้ โดยฉีดเข้าไปในชั้นใต้ผิวหนัง ทำให้ตายได้ภายใน 12-24 ชั่วโมง จากภาวะเลือดออก และโลหิตเป็นพิษ เชื้อ ***B. subtilis***, ***B. megatherium***. ***B. cereus*** พบได้ทั่วไปในบรรยากาศ น้ำมัน น้ำ ฝุ่น อุจจาระ ขนสัตว์ ***B. subtilis***. ในบางครั้งจะทำให้เกิดโรคเยื่อบุตาอักเสบ

2. ทรงเกลียว (Spirals) มีรูปร่างเป็นเกลียวคล้ายสว่าน ซึ่งอาจถือได้ว่าเป็นบาซิลไลที่โค้งงอ และต่อกันจนเป็นเกลียวความโค้งงอมีหลายระดับ พวกวิบริโอ (vibrios) เป็นสไปรัลที่โค้งคล้ายเครื่องหมาย comma พวกที่เป็นสไปรัลที่แท้จริงมี 2 พวกคือ พวกเป็นเกลียวแข็งคงตัว ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล Spirillum เช่น ***Treponema pullidum*** และพวกเป็นเกลียวที่ยืดหยุ่นเรียกว่า Spirochetes

สำหรับแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคติดเชื้อจากอากาศ มีดังนี้

1. ***Streptococcus pneumoniae***
2. ***Staphylococcus aureus***
3. ***Haemophilus influenzae***
4. Gram - negative organism
5. Anaerobic organism
6. ***Legionella pneumophila***
7. ***Pseudomonas pseudomallei***
8. ***Streptococcus pyogenes***
9. ***Mycobacterium tuberculosis***
10. ***Corynebacterium diphtheriae***
11. ***Bacillus anthracis***
12. ***Bordetella pertussis***
13. ***Actinomyces Nocardia*** เป็นแบคทีเรียที่ทำให้เกิดปอดอักเสบที่ไม่พบบ่อย

การศึกษาลักษณะโคโลนีของแบคทีเรีย

โคโลนีของแบคทีเรียเกิดจากการเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียบนอาหาร เลี้ยงเชื้อที่เป็นอาหารแข็ง (solid media) หรือ agar plate โดย 1 โคโลนีเจริญมาจากการแบ่งตัวของแบคทีเรีย 1 เซลล์ แบคทีเรียก่อโรคทั่ว ๆ ไปที่มีความสำคัญในการแพทย์ลักษณะโคโลนี จะปรากฏชัดเจนเห็นได้โดยตาเปล่าใน 24 ชั่วโมง ยกเว้นบางชนิดที่เจริญเติบโตช้า เช่น บางสายพันธุ์ของ *Streptococcus, Neisseria* และ *Haemophilus* อาจต้องใช้เวลาถึง 48 ชั่วโมง ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรียบางยีนัส และสปีชีส์อาจคล้ายคลึงกัน เช่นพวก Enteric Gram negative bacilli ซึ่งมีอยู่หลายยีนัส และสปีชีส์นั้นโคโลนีบนมีเดียทั่วไปจะเหมือนกันไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นเชื้อ *Escherichia coli* หรือ *Enterobacter* หรือ *Salmonella* เป็นต้น จึงจำเป็นต้องใช้ selective และ differential media ในการเพาะแยกเชื้อ โคโลนีของแบคทีเรียบางชนิดอาจมีลักษณะเฉพาะตัวที่เด่นชัดจนสามารถบอกเชื้อได้จากการดูลักษณะโคโลนี เช่น *Pseudomonas aeruginosa* โคโลนีจะมีสีเขียวอมฟ้า กลิ่นหอม เชื้อ *Proteus* จะมีกลิ่นเหม็นคาว และบางชนิดจะแผ่เป็นฟิล์มออกไปโดยรอบมองคล้ายลูกคลื่น (swarming process) ส่วนโคโลนีของ *Pseudomonas pseudomallei* จะมีผิวหน้าแห้งเป็นจีบและกลิ่นเหมือนดินอับ เป็นต้น

การศึกษาลักษณะโคโลนีต้องพิจารณาถึงส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. Shape : Circular - ***Staphylococcus***
   Irregular - ***Pseudomonas aeruginosa***
   - ***Bacilhus subtilis***
   Spreading - ***Proteus mirabilis***

2. Size : บอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเป็นมิลลิเมตร

ขนาดเล็ก (ประมาณ 1 มม.) - *Streptococcus*

- *Haemophilus*

ขนาดปานกลาง (ประมาณ 2 มม.) - *Staphylococcus*

- *Salmonella*

ขนาดใหญ่ (ประมาณ 3-4 มม.) - *Bacillus subtilis*

- *Pseudomonas aeruginosa*

3. Elevation :

Flat (แบบราบ) - *Bacillus*

Convex (นูน) - *Corynebacterium*

Surface :- ผิวหน้าเรียบหรือไม่เรียบ (smooth or rough)

- เป็นมันหรือด้าน (glistening or dull) เช่น *Staphylococcus* ผิวหน้าเรียบ และเป็นมัน ส่วนผิวหน้าไม่เรียบ (เป็นจีบ) และด้าน เช่น *Corynebacterium*

4. Edge : ลักษณะขอบ

Entire (ขอบเรียบ) - *Staphylococcus, Escherichia coli*

Irregular (ขอบไม่เรียบ) - *Pseudomonas aeruginosa*

- *Bacillus subtilis*

Crenate (ขอบหยัก) - *Corynebacterium* บางชนิด

5. Pigment : Color & diffusibility

สร้าง pigment สีเหลืองทองไม่ละลายน้ำ เช่น *Staphylococcus aureus*

สร้าง pigment สี bluish green, ซึมลงไปในเนื้อมีเดียเนื่องจากละลายน้ำ เช่น *Pseudomonas aeruginosa*

สร้าง pigment สีแดงไม่ละลายน้ำ เช่น *Serratia marcescens*

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. Opacity :

Transparent (ใส) - *Haemophilus*

Translucent - *Streptococcus*, *Neisseria*

Opaque (ทึบ) - *Staphylococcus*

7. Consistency :

Butyrous (เหมือนเนย) - *Staphylococcus*

Sticky (เป็นมูกเหนียว) - *Klebsiella*

8. Emulsifiability :

เขี่ยผสมในน้ำเกลือแล้วเป็นเนื้อเดียวกันหรือไม่ (homogenous) แบคทีเรียทั่วไปจะ emulsity ได้ดี แต่ nonpathogenic *Neisseria* จะ emulsify ยาก

9. Odor

เหม็นคาว (fishy odor) - *Proteus*

เหม็นเน่า (fecal odor) - Anaerobes

หอมเหมือนน้ำองุ่น - *Pseudomonas aeruginosa*

กลิ่นเหมือนดินอับหรือโคลน (Earthy or musty odor)

- *Pseudomonas pseudomallei*

10. Odorless แบคทีเรียส่วนใหญ่ไม่มีกลิ่น

11. Hemolysis แบคทีเรียบางชนิดมีคุณสมบัติทำให้เม็ดเลือดแดงใน blood agar plate สลายตัว ทำให้เห็นเป็นวงใสรอบโคโลนี เช่น β - *hemolytic* streptococci *Vibrio*, *Aeromonas* และบางสายพันธุ์ของ *Staphylococcus aureus*

ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย

1. อุณหภูมิ โดยปกติมีการเจริญได้ดีในอุณหภูมิเดียวกับร่างกายของคนเรา คือ 37°ซ เราสามารถแบ่งจุลินทรีย์ออกเป็น 3 ประเภทตามความแตกต่างของอุณหภูมิในการเจริญ คือ psychrophile เจริญได้ดีตั้งแต่ อุณหภูมิ 0°ซ - 20°ซ mesophile เจริญได้ดีในอุณหภูมิ 20°ซ - 45°ซ thermophile เจริญได้ดีในอุณหภูมิ 45°ซ - 70°ซ

2. แสงสว่าง สำหรับพวก photosynthetic bacteria

3. ออกซิเจน สามารถแบ่งแบคทีเรียตามความต้องการออกซิเจน ในการเจริญเติบโต ออกเป็น aerobic bacteria ต้องการเจริญในภาวะที่มีออกซิเจน anaerobic bacteria เจริญในที่ที่ไม่มีออกซิเจน facultative anaerobic bacteria เจริญได้ทั้งในภาวะที่มีออกซิเจน และไม่มีออกซิเจน microaerophilic bacteria เจริญในบรรยากาศที่มีออกซิเจน เพียงเล็กน้อย

4. สภาพความเป็นกรด - ด่าง แบคทีเรียส่วนมาก เจริญได้ดีในช่วง pH 6.5 - 7.5

การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พิชิต สกุลพราหมณ์ และคณะ (2531) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสภาวะความสกปรกของอากาศบางอย่างในเขตกรุงเทพมหานคร ระหว่าง 28 พฤษภาคม 2517 - 13 พฤษภาคม 2518 โดยการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในฝุ่นละอองที่ติดค้างอยู่บน glass fiber filter ในเครื่องมือดูดอากาศ แล้วนำมาตรวจหาแบคทีเรีย พบว่ามีแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ เช่น *B. subtilis*, *B. mycoides*, *P. aerogiosa*, *S. aureus*, *E. coli*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, Gram negative bacilli, Gram postive bacilli, Gram positive cocco-bacilli, Non - pathogenic *E. coli*, Non-pathogenic *Staphylococcus*, Diptheroid นอกจากนี้ยังพบพวกเชื้อรา ยีสต์ อีกด้วย

เทพนม เมืองแมน และคณะ (2539) ได้ทำการศึกษาวิจัยร่วมกับบริษัทชีวิตและสิ่งแวดล้อม ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2538 - 2539 พบว่า มีเชื้อราและแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคในคนถึง 38 ชนิด เป็นเชื้อรา 18 ชนิด และแบคทีเรีย 20 ชนิด ล่องลอยในอากาศซึ่งการแพร่กระจายของฝุ่นในอากาศของกรุงเทพมหานคร จะทำให้เชื้อโรคในอากาศแพร่กระจายไปด้วยโดยเฉพาะเชื้อโรคที่มีขนาดราว 2-4 ไมโครเมตร

จุมพล ศิริสวัสดิ์ (2535) ได้ทำการศึกษารวมเรื่องคุณภาพอากาศนอกอาคารที่เกี่ยวกับฝุ่นละออง สรุปว่าฝุ่นละอองภายนอกอาคาร และภายในอาคาร จะประกอบด้วยฝุ่นละอองที่มีชีวิต ได้แก่ แบคทีเรีย ไวรัส ฟังไจ สปอร์ของพืช และละอองเกสรดอกไม้แตกต่างกันออกไป ซึ่งแสดงตัวอย่างในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สัดส่วนของสปอร์ฟังไจ 10 ชนิด ระหว่างภายในกับภายนอกอาคาร*

Fungus	Rang of Indoor-outdoor	Studies in which ratio reported Ratio reported was: < 100 %	> 100 %	Total studies
Penicillium	29 - 56	4	4	8
Cladosporium	0.3 - 26	7	0	7
Aspergillus	24 - 138[b]	4	2	6
Hormodendron	18 - 20	2	0	2
Mycelia aterilia[c]	24 - 30	2	0	2
Mucor	90 - 300[d]	1	4	5
Pullularia	4 - 50	4	0	4
Yeast	27	1	0	1
Alternaric	0 - 44	6	0	6
Phoma	3 - 75	4	0	4

*จุมพล ศิริสวัสดิ์ (2535)

[a]Range dose not include an instance in which *Aspergillus* was found indoors but not outdoors; ratio would approach infinity.

[b]The majority of these organisms are in the family *Deutromycetes*.

[c]Range does not include two instances in which *Mucor* was found indoors but not outdoor; ratio would approach infinity.

Yu and Ling (1994) ได้ศึกษาปริมาณของแบคทีเรียในสถานที่ต่าง ๆ โดยใช้ผลรวมค่าเฉลี่ยของจำนวนแบคทีเรียในสถานที่ต่าง ๆ ตามกิจกรรมการใช้ชีวิต ประจำวันของมนุษย์ ดังตารางที่ 6 พบว่า แบคทีเรียในบรรยากาศมาจากมลภาวะของอากาศภายในอาคาร และภายนอกอาคาร

ตารางที่ 6 ปริมาณแบคทีเรียในสถานที่ต่าง ๆ (โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร)*

Place		Range	Mean
City	traffic truck	4941 - 39154	11496
	port	0 - 4724[a]	2074
	station square	1594 - 8839	2500
	shop square	3248 - 21102	12303
	theatre square	2618 - 11043	5610
	park meadow	2303 - 3327	2894
	park woods	906 - 3091	1280
	park water surface	846 - 2185	1280
village	main road	4744 - 52677	22205
	port	512 - 6535	2697
	field	630 - 1476	909
	water surface	1201 - 1969	1634

*Yu and Ling, 1994

[a]Sample after rain

ในประเทศโซเวียตรัสเซียได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานความปลอดภัยของแบคทีเรียในอากาศ (air bacteria hygienic standards) ภายในอาคารสถานที่สาธารณะต่าง ๆ เช่น ในโรงภาพยนตร์ไม่ควรมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (total bacteria number) เกิน 4000 ต่อลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 7 ค่ามาตรฐานของแบคทีเรียในอากาศ (air bacteria hygienic standards) ในประเทศโซเวียตรัสเซีย (จำนวนแบคทีเรีย/ลูกบาศก์เมตร)

Hygienic level	Total bacteria number	Haemolytic bacteria
Clean	< 2000	< 10
Hygienic	2000 - 4000	11 - 14
Polluted lightly	4000 - 7000	14 - 120
Polluted heavily	> 7000	> 120

* Yu and Ling, 1994

นอกจากนี้ในประเทศญี่ปุ่นได้กำหนดมาตรฐานความปลอดภัยของแบคทีเรียของอากาศภายในอาคาร โดยหาความสัมพันธ์ของแบคทีเรีย อนุภาคต่าง ๆ เช่น ฝุ่น และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งทำการเพาะเชื้อแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 วัน และนำมานับจำนวนแบคทีเรียนโดยตรง ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่ามาตรฐานแบคทีเรียในอากาศในประเทศญี่ปุ่น (air bacteria - hygienic standards) (จำนวนแบคทีเรีย/ลูกบาศก์เมตร)*

Judgement	Number of bacteria/m^3
Clean	< 30
Polluted lightly	30 - 50
Middle degree of pollution	50 - 100
Allowance value	100
Serious pollution	> 100

*Yu and Ling, 1994

Stern (1977) ได้สรุปรวบรวมปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับฝุ่นละอองภายนอก และภายในอาคาร ไว้ดังนี้

1. การถ่ายเทฝุ่นละอองระหว่างภายใน และภายนอกอาคาร ขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของอาคาร การกระจายของตัวอาคาร เป็นต้น

2. สภาพอากาศทางอุตุนิยมวิทยา และภูมิประเทศ สภาพความแตกต่างของอุณหภูมิ เป็นตัวการสำคัญที่มีผลต่อการกระจายของฝุ่นละออง ซึ่งจะทำให้เกิดความแตกต่างของความดัน และเกิดการเคลื่อนตัวของอากาศ (Air movement) ตลอดเวลา นอกจากนี้กระแสลมก็ยังเป็นตัวการที่จะพัดพาฝุ่นละอองอีกด้วย

3. ฝุ่นละอองแต่ละช่วงขนาดจะเกิดขึ้นจากขบวนการรวมตัวที่แตกต่างกัน ขบวนการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละออง โดยมากเกิดจากการเคลื่อนตัวของฝุ่นละอองแบบกระจัดกระจายไม่มีทิศทาง (Brownian Motion) โดยฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ซึ่งขบวนการนี้เกิดขึ้นจากการกระทบกันของโมเลกุลของก๊าซ และเป็นผลทำให้ฝุ่นละอองในอากาศเกิดการเคลื่อนตัว และถ้ามีจำนวนฝุ่นละอองมากพอ จะทำให้เกิดการรวมตัวเป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งขบวนการนี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอนรวมตัวกับฝุ่นละอองขนาด 10 ไมครอนได้อย่างรวดเร็ว และยังเป็นผลทำให้ลักษณะรูปร่าง และองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองแตกต่างกันอีกด้วย