บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ส่วนประกอบของอากาศ

อากาศเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต เพราะในอากาศมีก๊าซสำคัญที่ร่างกายต้องการ คือ ก๊าซออกซิเจน ในแต่ละวันมนุษย์จะหายใจเอาอากาศเข้าไปที่ระยะพักเฉลี่ยวันละ 15 กิโลกรัม ในขณะที่รับประทานอาหารเข้าไปวันละ 1.5 กิโลกรัม และดื่มน้ำเฉลี่ยวันละ 2.0 กิโลกรัมเท่านั้น ดังนั้นถ้าอากาศที่อยู่โดยรอบมีสิ่งแปลกปลอมต่างๆเจือปนอยู่ จะทำให้มนุษย์หายใจนำสิ่งแปลกปลอมเข้าไปในร่างกาย อาจก่อให้เกิดโรคเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้

ในอากาศที่มนุษย์ใช้หายใจตามปกติ ประกอบด้วยก๊าซชนิดต่างๆ ไอน้ำ ฝุ่นละออง และอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 (Salle,1978) ซึ่งอัตราส่วนของปริมาตรก๊าซจะคงที่ แต่ไอน้ำและฝุ่นละอองจะแตกต่างไปตามสภาพแวดล้อมของบรรยากาศนั้น เมื่อมีก๊าซอื่นหรืออนุภาคบางอย่างเจือปนเข้าไปก็จะทำให้อากาศนั้นสกปรก หรือเกิดมลพิษทางอากาศ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นเฉพาะที่ หรือเกิดขึ้นทั่วไปครอบคลุมบริเวณกว้างได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของอากาศบริสุทธิ์แห้งที่ระดับน้ำทะเล

องค์ประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)
ไนโตรเจน	78.03
ออกซิเจน	20.99
อาร์กอน	0.94
คาร์บอนไดออกไซด์	0.03
ไฮโดรเจน	0.01
นีออน	0.0012
คริพตอน	0.0010
ฮีเลียม	0.0004
ซีนอน	0.0001
โอโซน	$2 - 20 \times 10^{-7}$
ไอน้ำ	0 – 4
ฝุ่นละออง *	0 – 1,000,000 อนุภาคต่อมล.

* ฝุ่นละอองประกอบด้วย แบคทีเรีย ยีสต์ รา ละอองเกสรและอื่นๆ

ที่มา : Salle,1978

2.2 มลพิษทางอากาศ (Air pollution)

2.2.1 ความหมายของมลพิษทางอากาศ

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งเวดล้อม พ.ศ. 2535 ให้ความหมายของคำว่า อากาศเสีย หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นไอเสีย กลิ่น ควัน ก๊าซ เขม่า ฝุ่นละออง เถ้าถ่าน หรือ มลสารอื่นๆ ที่มีสภาพละเอียดบางเบาจนสามารถรวมตัวอยู่ในบรรยากาศได้

2.2.2 แหล่งกำเนิด

แหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศ สามารถแบ่งออกเป็น 2 แหล่งใหญ่ คือ

2.2.2.1 จากธรรมชาติ ได้แก่

1) ฝุ่นละอองจากการพัดพาของลม

2) ควันและขี้เถ้าจากไฟไหม้ป่า

3) จุลชีพลอยอยู่ในอากาศทั่วไป ได้แก่ จุลชีพต่างๆ ลอยมากับฝุ่นละออง และอื่นๆ

4) หมอก ได้แก่ สารอนุภาคปนเปื้อนลอยติดมากับหมอก

5) ควัน ขี้เถ้า และ ก๊าซต่างๆ ที่เกิดจากภูเขาไฟระเบิด ได้แก่ SO_2 H_2S เป็นต้น

6) เกิดปฏิกิริยาชีวเคมีของการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดิน และน้ำ จะได้ก๊าซต่างๆได้แก่ CH_4 , CO_2, NH_3, NO-NO_2, H_2S เป็นต้น

2.2.2.2 จากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น

1) จากกระบวนการที่ทำให้เกิดฝุ่นเช่นพวกบดอัดก้อนหินเพื่อทำปูนซีเมนต์ โรงงานถลุงโลหะ การเจาะ ระเบิด บดเป็นชิ้น ซึ่งจะมีอนุภาคพวกอินทรีย์วัตถุ และแร่ธาตุต่างๆ

2) จากการเผาไหม้ เช่น รถยนต์ มอร์เตอร์ไซด์ การเผาขยะมูลฝอยเป็นต้น ซึ่งจะมีพวก SO_2 ,NO_2, CO,ขี้เถ้า ไฮโดรคาร์บอน ฯลฯ

3) จากกระบวนการผลิต เช่น โรงงานถลุงโลหะ โรงงานเคมี เป็นต้น ซึ่งจะมีพวกไอเสียต่างๆ ตะกั่ว SO_2 , CO , ฝุ่นละออง ไฮโดรคาร์บอน ฯลฯ

4) จากการเกษตรกรรม เช่น การเผาพื้นที่ การฉีดพ่นยาฆ่าแมลง ซึ่งจะมีพวกสารอินทรีย์ฟอสเฟต สารChlorinated hydrocarbon สารหนู ควัน ขี้เถ้า

5) จากเตาปฏิกรณ์ปรมาณู จะมีพวกฝุ่นของ Uranium, Beryllium และ Argon-41

2.2.3 ปัญหามลพิษทางอากาศของกรุงเทพมหานคร

จากรายงานคุณภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร (กรมควบคุมมลพิษ, 2545) พบว่าปัญหามลพิษทางอากาศหลัก คือ ฝุ่นละอองโดยเฉพาะฝุ่นขนาดเล็ก อันเป็นปัญหาต่อเนื่องมาหลายปี โดยเฉพาะปัญหาฝุ่นละอองริมถนนที่มีความรุนแรงมากกว่าบริเวณพื้นที่ทั่วไป (ดังตารางที่ 2.2 , 2.3)

ตารางที่ 2.2 คุณภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณริมถนนในกรุงเทพมหานคร ปี 2544

สถานี	ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มคก./ลบ.ม.)				ฝุ่นรวม(TSP) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มก./ลบ.ม.)			
	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ครั้ง> Std.	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ครั้ง> Std.
กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ	184.4	87.9	42.7	16/220	0.30	0.14	0.05	0/35
กรมการขนส่งทางบก	233.9	112.5	33.2	138/336	0.37	0.20	0.11	2/30
รพ.จุฬาลงกรณ์	199.5	72.4	39.1	8/108	0.21	0.12	0.07	0/32
วงเวียน 22 กรกฎา	#	#	#	#	0.20	0.16	0.09	0/18
สถานีการไฟฟ้าย่อยธนบุรี	184.5	58.9	24.7	5/291	0.22	0.11	0.07	0/48
สถานีตำรวจนครบาลโชคชัย4	84.2	36.0	21.3	0/352	0.20	0.11	0.05	0/41
เคหะชุมชนดินแดง	144.5	48.4	23.0	2/307	0.35	0.23	0.12	1/40
มาตรฐาน	120				0.33			

หมายเหตุ # เครื่องมือขัดข้อง

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2545

ตารางที่ 2.3 คุณภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณพื้นที่ทั่วไปในกรุงเทพมหานคร ปี 2544

สถานี	ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มคก./ลบ.ม.)				ฝุ่นรวม(TSP) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มก./ลบ.ม.)			
	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ครั้ง> Std.	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ครั้ง> Std.
สนง.นโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม	-	-	-	-	0.17	0.07	0.04	0/40
สถาบันราชภัฏสมเด็จเจ้าพระยา	-	-	-	-	0.20	0.10	0.04	0/42
ที่ทำการไปรษณีย์ราษฎร์บูรณะ	-	-	-	-	0.22	0.09	0.03	0/38
กรมอุตุนิยมวิทยาบางนา	-	-	-	-	0.23	0.09	0.03	0/34
สถาบันราชภัฏจันทรเกษม	-	-	-	-	0.17	0.09	0.04	0/30
มหาวิทยาลัยรามคำแหง	98.1	35.8	17.0	0/322	0.18	0.08	0.03	0/40
สนง.การเคหะชุมชนคลองจั่น	108.1	35.1	15.7	0/323	0.14	0.07	0.03	0/37
สนามกีฬาการเคหะชุมชนห้วยขวาง	115.5	49.9	23.1	0/317	0.49	0.20	0.06	2/26
โรงเรียนนนทรีวิทยา	108.6	39.6	6.6	0/335	0.18	0.09	0.05	0/29
โรงเรียนสิงหราชพิทยาคม	142.1	42.6	14.9	2/253	0.17	0.09	0.03	0/45
มาตรฐาน	120				0.33			

หมายเหตุ - ไม่มีการตรวจวัด

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2545

2.3 ฝุ่นละออง

2.3.1 แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในบรรยากาศ

โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ

1) ฝุ่นละอองที่เกิดจากธรรมชาติ (Natural Particle) ได้แก่ ดิน ทราย หิน ละอองไอน้ำ เขม่าจากไฟป่า และฝุ่นละอองจากเกลือทะเล เป็นต้น

2) ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์สร้างขึ้น (Man-made Particle) เช่นการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากโรงงานอุตสาหกรรม ท่อไอเสียรถยนต์ การก่อสร้าง ซึ่งฝุ่นละอองที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์นี้ แม้ว่าจะมีอยู่ในบรรยากาศในปริมาณที่น้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับฝุ่นละอองที่มาจากธรรมชาติ แต่จะมีความสำคัญในการที่จะทำลายชั้นบรรยากาศได้มากกว่า เนื่องจากมักจะเกิดในชุมชนที่มีประชากรหนาแน่น และมักจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่มีผลต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์

2.3.2 ขนาดของฝุ่นละออง

ขนาดของอนุภาคในอากาศอาจแบ่งได้ตามขนาดที่เรียกว่าMass Median Aerodynamic Diameter (MMAD) ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ (Mcclellan R.O.,2000)

1) Coarse Mode Fraction มีขนาด 2.5 – 10 ไมครอน มักจะตกติดอยู่ที่ทางเดินหายใจส่วนต้นและส่วนกลาง

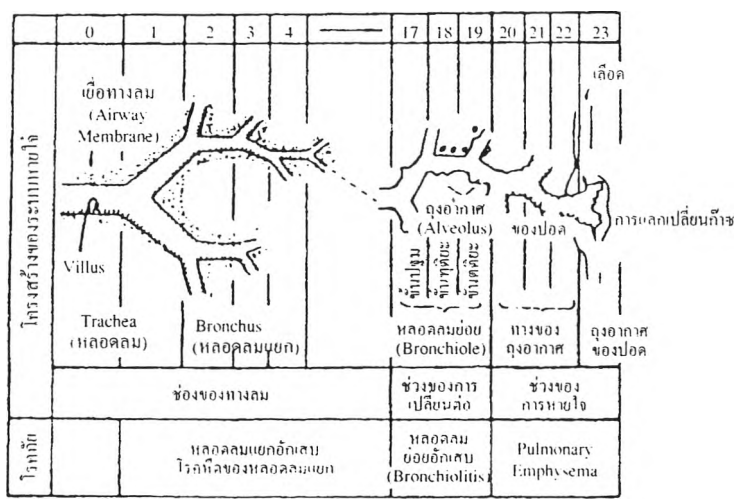
2) Fine Mode Fraction มีขนาด 0.5 – 2.5 ไมครอน สามารถลงไปติดในหลอดลมปอดขนาดเล็กส่วนปลายและในถุงลมปอดได้

2) Smallest Particulate มีขนาดเล็กกว่า 0.5ไมครอน จะลอยเข้าออกตามลมหายใจ

2.3.3 ผลกระทบของฝุ่นละอองต่อมนุษย์

ในด้านของผลกระทบต่อสุขภาพนั้น ฝุ่นละอองจะมีผลต่อระบบทางเดินหายใจ (Respiratory System) เป็นพิเศษ ที่เป็นเช่นนี้เพราะ มนุษย์หายใจเอาอากาศเข้าและออกวันละหลายหมื่นครั้งหรือคิดเป็นปริมาตรอากาศประมาณวันละ 10 ลบ.ม. และแต่ละวันจะหายใจเอาฝุ่นละออง

สารเคมี เชื้อโรคซึ่งเกาะอยู่กับอนุภาคในรูปสารแขวนลอย และสารประกอบอินทรีย์ระเหยเข้าไปผ่านทางเดินหายใจ ซึ่งจะไปตกและเกาะอยู่ตามอวัยวะในทางเดินหายใจ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาด ชนิด รูปร่าง และคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของอนุภาคนั้นๆ โดยที่จมูกและบริเวณ Nasopharynx จะให้ความชื้นและอุณหภูมิแก่อากาศที่หายใจเข้าไป และเป็นด่านแรกของกลไกป้องกันระบบทางเดินหายใจ เพราะจมูกมีประสิทธิภาพในการกรองสารขนาดใหญ่กว่า 5 ไมครอน และส่วนมากของสารที่มีขนาดใหญ่มากกว่า 10 ไมครอน จะถูกกรองโดยระบบทางเดินหายใจส่วนบนไม่ให้ผ่านถึงหลอดคอและถูกกำจัดออกไปด้วยกลไกการไอ ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน จะสามารถผ่านเข้าไปในระบบทางเดินหายใจส่วนล่างได้ โดยอนุภาคที่มีขนาด 2 – 5 ไมครอน จะตกค้างบริเวณหลอดลมส่วนกลางหรือส่วนต้น(Central หรือ Proximal Airways) และจะถูกกำจัดโดยกลไกของ Cilia ในหลอดลมและหลอดคอถึง 90% ส่วนขนาด 0.5 – 2 ไมครอน จะสามารถเข้าไปในปอดลงไปตกตะกอนในหลอดลมส่วนปลาย (Peripheral Airways) และถุงลม (Alveoli) ทำให้ระบบทางเดินหายใจทำงานผิดปกติ และเป็นสาเหตุให้เกิดการหดตัวของทางเดินหายใจ ส่งผลให้การกระจายอากาศภายในปอดไม่เพียงพอ นอกจากนี้ยังมีผลร้ายต่อหลอดลมแยก (Bronchi) และถุงลม อาจนำไปสู่หลอดลมแยกอักเสบ (Bronchitis) เป็นต้น (ดังรูปที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของระบบหายใจและความสัมพันธ์กับโรคระบบทางเดินหายใจ
ที่มา : ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์และคณะ ,2542

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในกรุงเทพมหานครที่สัมผัสกับฝุ่นละอองในระยะสั้น โดยบริษัท Hagler Bailly ร่วมมือกับวิทยาลัยการสาธารณสุขแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (นพภาพร พานิช , 2544) ผลการศึกษาพบว่า ฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานครมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย ซึ่งระดับความรุนแรงใกล้เคียงกับผลการศึกษาจากเมืองต่างๆทั่วโลก โดยระดับของฝุ่นขนาดเล็กในปัจจุบันอาจทำให้มีคนในเขตกรุงเทพมหานครตายก่อนเวลาอันควรถึง 4,000 - 5,500 รายในแต่ละปี และถ้าระดับฝุ่นขนาดเล็กสูงขึ้น 30 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร จะพบการตายตามธรรมชาติ(อัตราการตายทั้งหมดลบด้วยอัตราการตายจากอุบัติเหตุ การฆ่าตัวตายและการฆาตกรรม) เพิ่มขึ้น 3-5% การตายด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ เพิ่มขึ้น 7-20% และการตายด้วยโรคระบบหลอดเลือดหัวใจ เพิ่มขึ้น 2-5% สำหรับการเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาล พบว่า ถ้าระดับฝุ่นขนาดเล็กสูงขึ้น 30 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร การเข้าโรงพยาบาลรักษาโรคระบบทางเดินหายใจ และโรคหลอดเลือดหัวใจ เพิ่มขึ้น ร้อยละ 5.5 และ 5.3 ตามลำดับ แต่หากกลุ่มศึกษาเป็นกลุ่มผู้สูงอายุ การเข้าโรงพยาบาลรักษาโรคระบบทางเดินหายใจ และโรคหลอดเลือดหัวใจสูงขึ้น โดยเพิ่มขึ้นร้อยละ 17.6 และ 7.6 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อค่าเฉลี่ยรายปีของ PM-10 ลดลง ทุก 10 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร จะช่วยลดผลกระทบต่อสุขภาพ คิดเป็นจำนวน 35,000 - 88,000 ล้านบาทต่อปี โดยประมาณ

2.4 จุลินทรีย์ในอากาศ

โดยทั่วไปในชั้นบรรยากาศ สามารถพบอนุภาคที่เกิดจากสิ่งมีชีวิต เช่น เกสรดอกไม้ตัวผู้ที่ปลิวไปสู่เกสรตัวเมียในพืชชนิดเดียวกัน สปอร์ของรา เป็นต้น แม้ว่าจะพบในปริมาณน้อย แต่จะสามารถพบอนุภาคดังกล่าวได้ทั่วไป แม้กระทั่งบริเวณเหนือมหาสมุทร จุลินทรีย์ในอากาศส่วนมากจะมาจากการเคลื่อนย้ายของจุลินทรีย์จากแหล่งหนึ่งไปแหล่งหนึ่งโดยการพัดพาของลม โดยระยะเวลาที่จะลอยอยู่ในอากาศนั้นจะขึ้นกับหลายปัจจัย รวมทั้งความหนาแน่นของอนุภาค ขนาด สภาวะอากาศของบรรยากาศ(ความชื้น ความเร็วลม ฯลฯ) และโอกาสที่จะสัมผัสกับพื้นผิวอื่นๆ (เช่น ใบไม้ ตึก ฯลฯ) สำหรับอัตราการตกตัวของแบคทีเรีย (เส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 0.5 – 2 μm.) จะมีอัตราการตกตัวเท่ากับ 10^{-3} cm /s ขณะที่อนุภาคขนาดใหญ่ เช่นละอองเกสรดอกไม้ สปอร์รา แบคทีเรีย (เส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 20 – มากกว่า 100 μm.) จะมีอัตราการตกตัวเท่ากับ 10^{-3} cm /s ถึง 10cm/s (Muilenberg,1995)

ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตในละอองอากาศ (Bioaerosols) มานานมากกว่า 100 ปี โดย หลุยส์ ปาสเตอร์ เป็นคนแรกที่ได้ทดลองให้เห็นว่า ในอากาศมีแบคทีเรียปะปนอยู่ ต่อมาในปี ค.ศ. 1867 โจเซฟ ลิสเตอร์ ได้เป็นผู้เริ่มนำ กรดคาร์บอลิค หรือฟีนอล มาฉีดในห้องผ่าตัดเพื่อทำลายจุลินทรีย์ต่างๆ เป็นการช่วยลดปัญหาการติดเชื้อให้กับผู้ป่วย

ปี ค.ศ. 1897-1898 ศาสตราจารย์ Flugge แห่งมหาวิทยาลัยเบรสลีได้ทดลอง พบว่าอากาศเป็นแหล่งแพร่ระบาดของโรคต่างๆได้ จนกระทั่งในสมัยปลายสงครามโลกครั้งที่ 1 Stillman ได้พบว่าอากาศเป็นแหล่งแพร่ระบาดของโรคที่เกิดจาก *Streptococcus pneumoniae, Streptococcus pyogenes* และ *Klebsiella* (บัญญัติ สุขศรีงาม,2534)

ในช่วงทศวรรษที่ 1930 Meier ใช้คำว่า Aerobiology เพื่ออธิบายถึงวัตถุที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาสิ่งมีชีวิตในอากาศ นอกจากนี้ยังมีผู้ให้ความหมายเพิ่มเติมว่าเป็นการศึกษาโรคซึ่งสามารถผ่านเข้าไปยังทางเดินหายใจ (Dowd and Maier, 2000)

แม้ว่าความหมายจะแตกต่างกันไปแต่นักวิทยาศาสตร์ยุคใหม่ ได้ศึกษาประเด็นที่สำคัญเพิ่มเติม เช่น ผลกระทบทางด้านสาธารณสุข ผลจากการเกษตรสมัยใหม่ อาวุธชีวภาพ เป็นต้น

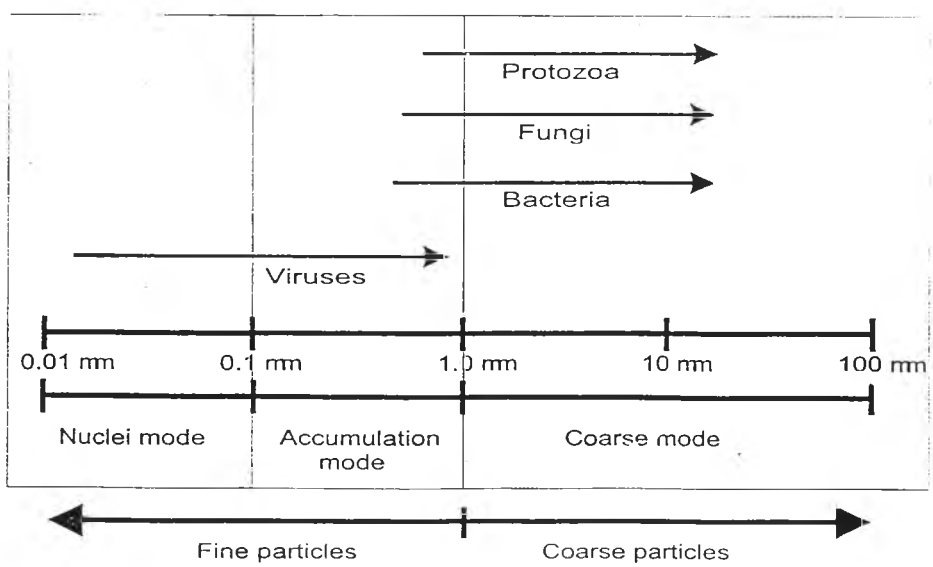
2.4.1 การแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ

จุลินทรีย์ที่พบในอากาศจะมีชนิดและปริมาณแตกต่างกันไปขึ้นกับสภาพแวดล้อมและการแพร่กระจายของฝุ่นละออง ในสภาพแวดล้อมที่มีกิจกรรมสูงจะมีปริมาณแบคทีเรียมากกว่าสภาพแวดล้อมที่มีกิจกรรมต่ำกว่า อากาศในห้องที่มีฝุ่นละอองสกปรกจะมีจุลินทรีย์มากกว่าในห้องที่สะอาด และอากาศบริเวณที่มีการเพาะปลูกและโคลนตม จุลินทรีย์ในอากาศส่วนมากจะมาจากการเคลื่อนย้ายของจุลินทรีย์จากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งโดยการพัดพาของลม เช่น สปอร์ของราที่พบทั่วไปบนพื้นดินจะพบได้ในอากาศเหนือทะเลที่ห่างจากแผ่นดินใหญ่ถึง 643.6 กิโลเมตร จุลินทรีย์ในอากาศนั้นมีทั้งแบคทีเรีย รา ยีสต์ ไวรัส และโปรโตซัว ทั้งในรูปของสปอร์ และ Vegetative Form และมีที่มาต่างกัน เช่นฝุ่นละออง ดิน น้ำ ส่วนมากเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อโรคและมีความทนทานในอากาศได้ดี มีเพียงส่วนน้อยที่สามารถก่อโรคได้ อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะไม่สามารถก่อโรคได้ แต่หากมีปริมาณมากเกินไป หรือได้รับบ่อยๆ ก็สามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันของร่างกายให้เกิดเป็นโรคภูมิแพ้ได้
(กนกรัตน์ ศิริพานิชกร,2541)

จุลินทรีย์ในอากาศนั้นจะอยู่รวมกับอนุภาคในอากาศซึ่งประกอบด้วย ของเหลว หรือของแข็ง หรือของผสมระหว่างของแข็งกับของเหลว เรียกว่า Bioaerosols แขวนลอยในอากาศ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.02 ถึง 100 ไมครอน สำหรับอนุภาคแบคทีเรียในอากาศ ส่วนใหญ่จะมีขนาดใหญ่กว่า 5 ไมครอน ที่น่าสนใจคือ ละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน เนื่องจากเป็นขนาดที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้ และถ้าเล็กกว่า 5 ไมครอน จะสามารถลงถึงถุงลมปอดและจะตกค้างเป็นเวลานาน และก่อให้เกิดการติดเชื้อ หรือภูมิแพ้ขึ้นได้

ขนาดของ Bioaerosols สามารถจำแนกเป็น (รูปที่ 2.2) (Committee on Particulate Control Technology,1980 อ้างถึงใน Dowd and Maier , 2000)

1) Fine Particles ได้แก่
   - Nuclei Mode มีขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมครอน
   - Accumulation Mode ขนาด ตั้งแต่ 0.1 ถึง 2 ไมครอน
2) Coarse Particles ได้แก่ Coarse Mode ขนาดตั้งแต่ 2 – 100 ไมครอน



รูปที่ 2.2 ชนิดของ Bioaerosols จำแนกตามขนาดเมื่อรวมกับอนุภาคในอากาศ

ที่มา : Dowd and Maier , 2000

2.4.2. ปัจจัยที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ในอากาศ

ปัจจัยที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ในอากาศที่สำคัญ ได้แก่

1) ความชื้นสัมพัทธ์ มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์จะมีผลต่อการสูญเสียน้ำในเซลล์ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง เช่น ถ้าความชื้นสัมพัทธ์เข้าใกล้ 100% อัตราการตายของ *E.coli* จะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้แบคทีเรียแกรมลบที่อยู่ในละอองอากาศ จะดำรงชีวิตได้นานขึ้น ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ในทางตรงข้าม แบคทีเรียแกรมบวกจะดำรงชีวิตได้นานขึ้น ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์สูง

2) อุณหภูมิ เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไป จะมีผลให้เซลล์แห้ง และโปรตีนเสียสภาพ ถ้าอุณหภูมิต่ำจะมีส่วนให้ระยะเวลาการดำรงชีวิตยาวขึ้น อย่างไรก็ตามหากอุณหภูมิเข้าใกล้จุดเหยือกแข็ง จุลินทรีย์จะไม่สามารถดำรงชีวิตได้เพราะที่ผิวของจุลินทรีย์จะเป็นเกล็ดน้ำแข็ง แต่ทั้งนี้อุณหภูมิจะมีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่นด้วย

3) รังสีอัลตร้าไวโอเลต สามารถทำลาย จุลินทรีย์ รวมทั้ง แบคทีเรีย ไวรัส รา และโปรโตซัว โดยจะไปทำลายโครงสร้างของ DNA ซึ่งมีผลต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์

4) ออกซิเจนและไอออนในอากาศมีผลต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ โดยออกซิเจนที่เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของซุปเปอร์ออกไซด์เรดิคัล (Superoxide Radicals) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen Peroxide) และไฮดรอกไซด์เรดิคัล (Hydroxide Radicals) และไอออนต่างๆเช่น คลอรีน ไนโตรเจน ที่เกิดจากปฏิกิริยาโฟโต้เคมิคัลออกซิเดชัน รังสีอัลตร้าไวโอเลต ภาวะมลพิษและกระบวนการต่างๆ สามารถทำลาย DNA ของจุลินทรีย์ได้ (Dowd and Maier,2000)

2.4.3. โรคติดเชื้อจากจุลินทรีย์ในอากาศ

จุลินทรีย์ที่พบอาจเป็นชนิดที่ทำให้เกิดโรค (Pathogenic Microorganisms) จะก่อโรคเมื่อร่างกายได้รับเข้าไป หรือเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค (Nonpathogenic Microorganisms) ซึ่งจะอยู่ในสภาวะแวดล้อม ดิน น้ำ อากาศ นอกจากนี้ยังอาศัยอยู่ตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่นผิวหนัง ทางเดินหายใจ โดยไม่ทำให้เกิดโรคในสภาะปกติ แต่ถ้าเจริญในสภาวะแวดล้อมที่แปลกไป อาจจะทำให้เกิดโรคติดเชื้อนั้นได้ สำหรับโรคติดเชื้อจากจุลินทรีย์ในอากาศที่สำคัญต่อมนุษย์มีทั้งโรคที่เกิดจากแบคทีเรีย รา ไวรัส โปรโตซัว แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 โรคติดเชื้อจากจุลินทรีย์ในอากาศที่สำคัญต่อมนุษย์

โรค	เชื้อก่อโรค
โรคจากแบคทีเรีย	
Brucellosis	*Brucella melitensis*
Pulmonary tuberculosis	*Mycobacterium tuberculosis*
Glanders	*Actinobacillus mallei*
Pneumonia	*Clamydia psittaci*
Pneumonia	*Klebsiella anthracis*
Pulmonary anthrax	*Bacillus anthracis*
Staph, respiratory infection	*Staphylococcus aureus*
Strep. respiratory infection	*Stretococcus pyogenes*
Legionellosis	*Legionell* spp.
โรคจากรา	
Aspergillosis	*Aspergillus fumigatus*
Blastomycosis	*Blastomyces dermatiridi*
Coccidioidomycosis	*Coccidioides immitis*
Cryptococcosis	*Cryptococcus neofoemans*
โรคจากไวรัส	
Influenza	*Influenza virus*
Hemorrhagic fever	*Bunyavirus*
Hepatitis	*Hepatitis virus*
Chicken pox	*Herpes virus*
Common cold	*Picornavir*
โรคจากโปรโตซัว	
Pneumocystosis	*Pneumocystis carinii*

ที่มา : (Dowd and Maier , 2000)

2.5 แบคทีเรีย

แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ชนิดโปรคารีโอต มีขนาดและรูปร่างต่างกัน แบคทีเรียส่วนมากมีความยาวของเซลล์ตั้งแต่ 0.75 – 4.0 ไมครอน และเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 – 1 ไมครอน แบคทีเรียส่วนใหญ่ตัวจะโปร่งแสงและมีดัชนีหักเหคล้ายของเหลวที่มันอาศัยอยู่ ดังนั้นการจะให้เห็นตัวชัดเจนต้องอาศัยการย้อมสี

โดยทั่วไปสามารถจำแนกแบคทีเรียตามรูปร่างพื้นฐานออกไปได้เป็น 3 ลักษณะคือ

1) แบคทีเรียรูปกลม (Spherical)

2) แบคทีเรียรูปท่อน (Bacilli)

3) แบคทีเรียรูปเกลียว (Spirals)

นอกจากนี้ยังอาจแบ่งแบคทีเรียโดยอาศัยคุณสมบัติการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง (Hemolysis) เป็น 3 กลุ่มดังนี้

1) α - hemolysis มีการสลายเม็ดเลือดแดงไม่สมบูรณ์ (Partial หรือ Incomplete Hemolysis) เม็ดเลือดแดงถูกทำลายเพียงบางส่วนแต่ยังไม่สลาย อาหารเลี้ยงเชื้อโดยรอบโคโลนีเปลี่ยนเป็นสีเขียวปนน้ำตาล เช่น *Streptococcus pnenmoniae*

2) β - hemolysis มีการสลายเม็ดเลือดแดงสมบูรณ์ (Complete Hemolysis) รอบโคโลนีเป็นวงใสเกิดขึ้น เกิดจากเม็ดเลือดแดงใน Blood Agar แตกสลายโดยเอนไซม์ Hemolysin หรือ Streptolysin ที่เชื้อสร้างขึ้นและปล่อยออกมา เช่น *Streptococcus pyogenes*

3) γ - hemolysis บริเวณโดยรอบโคโลนีจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ไม่มีการเปลี่ยนสีและการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง

2.5.2 แบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค

แบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคมีหลายชนิด โดยชนิดที่ทำให้เกิดโรคติดเชื้อทางการหายใจที่สำคัญ เช่น Streptococcus และ Staphylococcus

Streptococcus เป็นแบคทีเรียแกรมบวกรูปกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 0.5 – 1 ไมครอน เรียงเป็นสายโซ่ หรือเป็นคู่ไม่เคลื่อนที่ ไม่สร้างสปอร์ บางพวกเป็น Facultative Anaerobic เจริญได้ดีที่ อุณหภูมิ 35 – 37 องศาเซลเซียส จัดอยู่ในวงศ์ Streptococcaceae ขนาดของโคโลนีค่อนข้างเล็กใสจนถึงสีขาวบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมเลือด บางเชื้อสายสามารถย่อยสลายเม็ดเลือดแดงได้ เป็นเชื้อที่พบได้ทั่วไปทั้งในสิ่งแวดล้อม อาหาร น้ำ ฝุ่นละออง ในลำคอหรือทางเดินหายใจ ลำไส้ทั้งในคนและสัตว์ บางชนิดก่อโรคซึ่งทำให้เกิดโรคโดยตรงจากการติดเชื้อนั้น บางชนิดก่อโรคที่มีอันตรายภายหลังการติดเชื้อครั้งแรกสงบแล้ว โรคที่เกิดจาก *Streptococcus* spp. เช่น คออักเสบ ทอนซิลอักเสบ หูชั้นกลางอักเสบ ซึ่งเกิดจากการติดเชื้อปฐมภูมิ นอกจากนี้การติดเชื้อ *Streptococcus* อาจก่อให้เกิดพยาธิสภาพภายหลังการติดเชื้อระยะแรกสงบแล้ว ได้แก่ ไข้รูมาติกเฉียบพลัน และหน่วยไตอักเสบเฉียบพลัน

Staphylococcus เป็นแบคทีเรียแกรมบวกรูปกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 0.5 – 2.0 ไมครอน มักอยู่เป็นคู่หรือเป็นกลุ่ม ไม่เคลื่อนที่ อยู่ในวงศ์ Micrococcaceae ตระกูล Staphylococcus เป็นเชื้อที่มีความสำคัญในการก่อโรคในคน ทนต่อความร้อน และความแห้งได้ดี อาศัยอยู่ในบริเวณทางเดินหายใจส่วนต้น ผิวหนัง ลำไส้ ช่องคลอดของคนปกติ หรือตามเสื้อผ้า สิ่งของเครื่องใช้ต่างๆ เป็นเชื้อที่สามารถปนเปื้อนจากบุคคลหนึ่งไปยังบุคคลหนึ่งได้โดยการสัมผัสโดยตรงหรือทางอากาศ โรคที่เกิดจากการติดเชื้อ *Staphylococcus* เช่น การเกิดฝีหนอง การติดเชื้อที่บาดแผลแผลพุพอง ติดเชื้อที่ระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พิชิต สกุลพราหมณ์ และคณะ (2518) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับภาวะความสกปรกของอากาศบางอย่างในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ระหว่าง 28 พฤษภาคม 2517 – 13 พฤษภาคม 2518 โดยการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในฝุ่นละอองที่ติดค้างอยู่บน Glass Fiber Filter ในเครื่องมือดูดอากาศ แล้วนำมาตรวจหาแบคทีเรีย โดยวิธี Total Plate Count และ Coliform Count จำนวนแบคทีเรียที่ปะปนมากับฝุ่นลอยในอากาศต่อปริมาตรอากาศและจำนวน Coliform ที่ปะปนมากับฝุ่นลอยในอากาศต่อปริมาตรอากาศแสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 จำนวนแบคทีเรียและจำนวน Coliform ต่อปริมาตรอากาศ จากบริเวณต่างๆ

บริเวณที่ทำการศึกษา	**จำนวนแบคทีเรียต่อปริมาตรอากาศ (ตัว/ลบ.ม.ของอากาศ)**	**จำนวน Coliform ต่อปริมาตรอากาศ (ตัว/ลบ.ม.ของอากาศ)**
บริเวณที่ทำการค้า	330 – 1010	31 – 454
บริเวณพืชพันธุ์ไม้	180 – 1100	16 – 88
บริเวณที่พักอาศัย	220 – 750	5 – 181
บริเวณที่ทำการแพทย์	210 – 750	7 – 118
บริเวณที่พักอาศัยและที่ทำการ	250 – 450	16 – 88

ที่มา : พิชิต สกุลพราหมณ์ , 2518

จากตารางที่ 2.5 จะพบว่าบริเวณการค้า จะมี จำนวนแบคทีเรียและจำนวน Coliform ที่ปะปนมากับฝุ่นลอยในอากาศต่อปริมาตรอากาศมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด

เมื่อพิจารณาจำนวนแบคทีเรียและจำนวน Coliform ที่ปะปนมากับฝุ่นลอยในอากาศต่อน้ำหนักของฝุ่น ตามฤดูกาลแล้วพบว่า ฤดูฝนจะมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่2.6 จำนวนแบคทีเรียและจำนวนของ Coliform ซึ่งติดมากับฝุ่นลอยในอากาศ

ฤดู	**จำนวนแบคทีเรียในฝุ่นลอยต่อนน.ฝุ่น (ล้านตัว/กรัม)**	**จำนวน Coliformในฝุ่นลอยต่อนน.ฝุ่น (ล้านตัว/กรัม)**
ร้อน	1.52	0.02
ฝน	3.83	1.45
หนาว	0.83	0.49
กทม. ตลอดปี	2.39	0.81

ที่มา : พิชิต สกุลพราหมณ์ , 2518

สำหรับชนิดของแบคทีเรียที่ตรวจพบมีปะปนมากับฝุ่นลอยในอากาศ พบว่ามีแบคทีเรียในกลุ่มที่ทำให้เกิดโรคและกลุ่มที่ไม่ทำให้เกิดโรค มีจำนวนทั้งสิ้น 15 ชนิด ได้แก่ *Bacillus subtilis* , *Bacillus mycoides* , *Alkaligines, E. coli* , Staphylococci , Streptococci , Gram Nagative Bacilli , Gram Positive Bacilli , Non-pathogenic *Staphylococcus* , Gram Positive Cocco-bacilli ,*Geffna tetragena* , *Pseudomonas aeruginosa* , *Staphylococcus aureus* , *N*on-pathogenic *E. coli,* Diptheroid โดยชนิดที่พบบ่อยที่สุด คือ *Bacillus subtilis* นอกจากนี้ยังพบราและยีสต์ด้วย

ชมภูศักดิ์ พูลเกษ และ เทพนม เมืองแมน (2539) ได้วิจัยเชื้อโรคในยานพาหนะของคนกรุงเทพมหานคร โดยใช้วิธี Bio-sampling ตามวิธีการขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (USEPA) ซึ่งมีเครื่องดูดอากาศและผ่านอากาศที่มีเชื้อโรคลงไปใน Agar ชนิดแห้ง ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2538 – 2539 พบว่าเชื้อโรคต่างๆ อาศัยฝุ่นเป็นพาหะมาสู่คน โดยพบเชื้อในฝุ่นถึงร้อยละ 84 ของตัวอย่างทั้งหมด ซึ่งมีทั้งแบคทีเรีย รา ที่สามารถทำให้เกิดโรคในมนุษย์ได้เกือบทุกระบบของร่างกาย เป็นเชื้อรา 18 ชนิด และแบคทีเรีย 20 ชนิด ล่องลอยในอากาศซึ่งการแพร่กระจายของฝุ่นในอากาศของกรุงเทพมหานคร จะทำให้เชื้อโรคในอากาศแพร่กระจายไปด้วยโดยเฉพาะเชื้อโรคที่มีขนาดราว 2 – 4 ไมครอน

กฤตกรณ์ ประทุมวงษ์ (2540) ศึกษาเรื่องแบคทีเรียในอากาศที่ทำให้เกิดโรคทางเดินหายใจในย่านชุมชนของกรุงเทพมหานคร โดยเก็บตัวอย่างอากาศนอกอาคารที่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่ติดมากับฝุ่นบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์และบริเวณวงเวียนโอเดียน 80 ตัวอย่างต่อบริเวณ ระหว่างเดือน ตุลาคม 2540 – มกราคม 2541 ด้วยเครื่อง Six Stage Viable Microbial Particle Sizing Samples พบว่าปริมาณแบคทีเรียในอากาศบริเวณวงเวียนโอเดียนสูงกว่า บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ทั้งใน Plate Count Agar และ Blood Agar (ดังแสดงในตารางที่ 2.7) และจำนวนตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนแบคทีเรียในอากาศบริเวณวงเวียนโอเดียนมีมากกว่าบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ แบคทีเรียที่พบได้-แก่ Cocci และ/หรือ Bacilli ในจำนวนตัวอย่างที่ใกล้เคียงกันทั้ง 2 บริเวณ และเป็น γ - hemolytic แกรมบวก และแกรมลบ ร้อยละ 90 และ ร้อยละ 88.8 ที่บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และวงเวียน-โอเดียน ตามลำดับ รองลงมาพบ β - hemolytic แกรมบวกแบคทีเรียร้อยละ 70.1 และร้อยละ 55.4 ที่โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์และบริเวณวงเวียนโอเดียนตามลำดับ และพบตัวอย่างที่ปนเปื้อน γ - hemolytic

Streptococus และ *Staphylococus* มากที่สุดที่บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ร้อยละ 72.5 และร้อยละ 71.3 ตามลำดับ และบริเวณวงเวียนโอเดียน พบร้อยละ 58.8 และร้อยละ 81.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.7 ปริมาณแบคทีเรียในอากาศ ที่โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และวงเวียนโอเดียน

บริเวณที่เก็บตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของปริมาณแบคทีเรีย (CFU/m^3)			
	ต.ค. 40	พ.ย. 40	ธ.ค. 40	ม.ค.41
โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	390	490	480	470
วงเวียนโอเดียน	370	710	830	820

ที่มา : กฤตกรณ์ ประทุมวงษ์ , 2540

ดลพร เจียรณ์มงคล (2544) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายของแบคทีเรีย และปัญหาสุขภาพของประชาชนรอบศูนย์รวบรวมขยะหนองแขม โดยเก็บตัวอย่าง 126 ตัวอย่าง จาก 6 จุด เก็บตัวอย่างรอบเขตหนองแขม ระหว่าง เดือนกรกฎาคม 2543 ถึง เดือนมกราคม 2544 ด้วยเครื่องเก็บอากาศชนิด Personal Air Sampler โดยเทคนิค Liquid Impingement พบว่าค่าเฉลี่ยของแบคทีเรียในฤดูแล้ง สูงกว่าฤดูฝน และพบว่าในฤดูแล้ง ปัญหาสุขภาพเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจของประชาชนรอบศูนย์รวบรวมขยะหนองแขมจะสูงขึ้น

Mahdy และ El – Sehrawi (1997) ศึกษาแบคทีเรียในอากาศ ในเมือง El – Taif ประเทศซาอุดิอาระเบีย เก็บตัวอย่างอากาศเป็นเวลา 12 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่ ตุลาคม 1992 – กันยายน 1993 ด้วยเครื่อง Solid Impingement ลงสู่ Plate Nutrient Agar นำไป Incubate ที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น พบว่าปริมาณแบคทีเรียในฤดูร้อนจะมากกว่าฤดูอื่นๆ และมีปริมาณมากที่สุดที่เมือง El – Faisalyia และ El – Shuhda (ซึ่งเป็นที่ตั้งของย่านการค้า)ในช่วงที่มีอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเหมาะสม และต่ำสุดในช่วงต้นฤดูใบไม้ผลิเนื่องจากอุณหภูมิเป็นตัวกำหนดอัตราการระเหยไอน้ำ และอัตราการส่งผ่านความร้อนระหว่างพื้นดิน และอากาศ จึงมีผลกระทบต่อการมีชีวิตรอดของแบคทีเรียในอากาศ เนื่องจากการระเหยของน้ำในเซลล์ ดังนั้นความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ จึงเป็นตัว

สำนักวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กำหนดความสมดุลของส่วนประกอบที่เป็นน้ำของแบคทีเรียในอากาศ แบคทีเรียในอากาศบริเวณรัฐ El – Taif ที่พบเด่นที่สุดคือ Bacilli และ Acenetobacteria

Suresh และ Widmer (1996) ได้ศึกษาการเกิดแบคทีเรียในอากาศ และตัวบ่งชี้สาเหตุการเกิดโรค จากการใช้กากตะกอนถมที่ดินในสหรัฐอเมริกา โดยใช้ Glass Impingers (AGI-30) พบแบคทีเรียต่างเฉลี่ย 10^5 CFU/m^3 แต่ไม่พบตัว *Salmonella* spp. หรือตัวบ่งชี้เช่น Fecal Coliform แต่มีการพบแบคทีเรียที่ผลิต H_2S และ Clostridia ในอากาศ

Shaffer และ Lighthart (1997) ได้ทำการสำรวจแบคทีเรียในอากาศด้วยเครื่องเก็บตัวอย่าง Six – Stage Cascade เพื่อประเมินความเสี่ยงของภาวะมลพิษทางอากาศโดยจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้จุลินทรีย์เป็น สารฆ่าแมลง การเกษตรกรรม และแหล่งชุมชน โดยทำการศึกษาในรัฐ Oregon ประเทศ สหรัฐอเมริกา จำนวน 4 สถานี ได้แก่ ถนนในเมือง(ตัวแทนพื้นที่ชุมชน) ทุ่งหญ้ารายด์(ตัวแทนพื้นที่ชนบท) ป่าสนดักลาส(ตัวแทนพื้นที่ป่า) ชายฝั่งที่ Yaquina (ตัวแทนพื้นที่ชายฝั่งมหาสมุทร พบว่าปริมาณและชนิดของแบคทีเรียจะผันแปรตามสถานที่ และเวลา โดยพบว่ามีปริมาณแบคทีเรียมากที่สุดในระหว่างเวลากลางวันที่เขตชุมชน (609 CFU/m^3) รองลงมาคือพื้นที่ป่า (522 CFU/m^3) พื้นที่ชนบท (242 CFU/m^3) และต่ำที่สุดที่ชายฝั่งมหาสมุทร (103 CFU/m^3) ทั้งนี้เนื่องจากอากาศบริเวณมหาสมุทรเป็นอากาศที่สะอาด มีการปนเปื้อนจากแบคทีเรียที่มีการปนเปื้อนจากแหล่งกำเนิดบนพื้นดินน้อยมาก แต่บริเวณชุมชนจะมีการหมุนวนของกระแสอากาศอย่างสม่ำเสมอเนื่องจากการจราจร ปริมาณแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นเมื่อเริ่มเช้า และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งบ่ายและจะลดลงในตอนเย็น โดยมีปริมาณต่ำที่สุดในช่วงเวลา 21.00 – 5.00 น. *Bacillus* เป็นชนิดที่พบเป็นจำนวนมากที่สุดทุกสถานี แบคทีเรียส่วนใหญ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 3 ไมครอน

Fuzzi , Mandrioli และ Perfetto (1997) ศึกษาการปรากฏของแบคทีเรีย ยีสต์และรา ที่อยู่ในอนุภาคอากาศในสภาวะที่มีหมอก พบว่า ในช่วงที่มีหมอกความเข้มข้นของแบคทีเรียและยีสต์ ในอากาศจะเพิ่มขึ้น 2 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงอากาศที่แจ่มใส แต่จะไม่มีผลต่อความเข้มข้นของรา ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานที่ว่าหมอกจะกระทำตัวเหมือน Culture Media ของอนุภาคสิ่งมีชีวิตในอากาศและจะเป็นแหล่งกำเนิดของสิ่งมีชีวิตในอากาศ อันดับที่ lv'

Yu และ Ling (1994) ได้ศึกษาปริมาณของแบคทีเรียในสถานที่ต่างๆ โดยใช้ผลรวมค่าเฉลี่ยของจำนวนแบคทีเรียในสถานที่ต่างๆ ตามกิจกรรมการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ ดังตารางที่ 2.8 พบว่าแบคทีเรียในบรรยากาศมาจากมลพิษของอากาศภายในอาคาร และภายนอกอาคาร

ตารางที่ 2.8 ปริมาณแบคทีเรียในสถานที่ต่างๆ (CFU/m^3)

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

a = ตัวอย่างที่เก็บหลังฝนตก

ที่มา : Yu and Ling , 1994

ในประเทศโซเวียตรัสเซีย ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานความปลอดภัยของแบคทีเรียในอากาศ (Air Bacteria Hygienic Standards) ภายในอาคารสถานที่สาธารณะต่างๆ ดังตารางที่ 2.9 เช่น ในโรงภาพยนตร์ไม่ควรมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดมากกว่า 4000 CFU/m^3

ตารางที่ 2.9 ค่ามาตรฐานของแแบคทีเรียในอากาศ (Air Bacteria Hygienic Standards) ในประเทศโซเวียตรัสเซีย (CFU/m^3)

Hygenic level	**Total bacteria number**	**Hemolysis bacteria**
Clean	< 2000	<10
Hygenic	2000 – 4000	11 – 14
Polluted lightly	4000 – 7000	14 – 120
Polluted heavily	> 7000	> 120

ที่มา : Yu and Ling , 1994

นอกจากนี้ในประเทศญี่ปุ่นได้กำหนดมาตรฐานความปลอดภัยของแบคทีเรียของอากาศภายในอาคาร ดังตารางที่2.10

ตารางที่ 2.10 ค่ามาตรฐานแบคทีเรียในอากาศในประเทศญี่ปุ่น (Air Bacteria - Hygienic Standards) (CFU/m^3)

Judgement	**CFU/m^3**
Clean	<30
Polluted Lightly	30 – 50
Middle Degree of Pollution	50 – 100
Allowance Value	100
Serious Pollution	>100

ที่มา : Yu and Ling , 1994