

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

แบคทีเรียในอากาศย่านจราจรหนาแน่นของกรุงเทพมหานคร

Airborne Bacteria at Traffic Congested Areas, in Bangkok Metropolis

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์กฤตกรณ์ ประทุมวงษ์*

รองศาสตราจารย์ ดร.อรษา สุตเธียรกุล**

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพภาพร พานิช***

อาจารย์อุรษา นิเวตพันธุ์****

29 พ.ย. 2549

*ภาควิชาสุขศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

**ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

***สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

****กองวิชาการและแผนงาน สำนักรักษาความสะอาด กรุงเทพมหานคร

ทุนอุดหนุนการวิจัยจากบริษัทไทยอาซาฮี เคมีภัณฑ์ จำกัด

กิตติกรรมประกาศ

ผลสำเร็จลุล่วงของงานวิจัยนี้ นอกจากคณะผู้วิจัยแล้วยังขึ้นกับความร่วมมือร่วมใจของหน่วยงานต่าง ๆ กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ที่ให้อนุเคราะห์เครื่องเก็บอากาศ หน่วยรักษาความปลอดภัย โรงพยาบาลรามารับดี ที่ให้ความสะดวกสถานที่เก็บอากาศเพื่อการสำรวจนำร่องโครงการนี้ และคลังโลหิต โรงพยาบาลรามารับดี ที่ได้ความอนุเคราะห์เลือดสำหรับเตรียมอาหารเพาะเชื้อ บริษัทไทยอาซาฮี เคมีภัณฑ์ จำกัด ที่อนุเคราะห์ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย และผู้ที่มีส่วนร่วมเกี่ยวข้องที่ไม่ได้กล่าวรายนามไว้ ณ ที่นี้ สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์กฤตกรณ์ ประทุมวงษ์

กันยายน 2544

เรื่อง แบคทีเรียในอากาศย่านจรัญราชนาแน่นของกรุงเทพมหานคร

บทคัดย่อ

การศึกษาตัวอย่างอากาศนอกอาคารที่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่ติดมากับฝุ่นบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และบริเวณวงเวียนโอเดียน 80 ตัวอย่างต่อบริเวณเป็นเวลา 80 วันติดต่อกัน ด้วยเครื่อง Six-stage Andersen sampler 2000 ระหว่างเดือนตุลาคม 2540 – มกราคม 2541 ตัวอย่างอากาศที่เก็บมานี้นำมานับจำนวน และวิเคราะห์ประเภทแบคทีเรีย พบว่า ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตปริมาณแบคทีเรียบริเวณวงเวียนโอเดียนบน plate count agar (PCA) เท่ากับ 5.1×10^2 colony forming unit/m³ (CFU/m³) และบน blood agar (BA) เท่ากับ 4.1×10^2 CFU/m³ ซึ่งสูงกว่าของบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ บน PCA เท่ากับ 3.5×10^2 CFU/m³ และบน BA เท่ากับ 2.6×10^2 CFU/m³ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$ และ $p > 0.01$ ตามลำดับ) ส่วนปริมาณและชนิดของแบคทีเรียในลำดับชั้นกรองที่ 1 ถึง 6 พบแบคทีเรียในอากาศได้ทุกลำดับชั้นกรองทั้ง 6 ชั้นบน PCA และบน BA สำหรับ BA ในแต่ละชั้นกรองพบแบคทีเรียพวก cocci และ/หรือ bacilli ในจำนวนตัวอย่างที่ใกล้เคียงกันทั้ง 2 บริเวณ ทั้งโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์และบริเวณวงเวียนโอเดียน เมื่อทำการแยกกลุ่มและสกุลแบคทีเรีย โดยใช้ปฏิกิริยาการสลายเม็ดเลือดแดง (hemolysis) พบว่า มีพวก γ -hemolysis แกรมบวกและแกรมลบที่บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และวงเวียนโอเดียน ร้อยละ 90 และ 88.8 ตามลำดับ รองลงมาพบพวก β -hemolysis แกรมบวกทั้ง 2 บริเวณเช่นกัน ร้อยละ 70.1 และร้อยละ 55.4 ตามลำดับ และพบว่า มีจำนวนตัวอย่างที่เป็น γ -hemolytic *Streptococcus* และ *Staphylococcus* มากที่สุดที่บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ พบร้อยละ 72.5 และร้อยละ 71.3 และที่บริเวณวงเวียนโอเดียนพบร้อยละ 58.8 และร้อยละ 81.3 ตามลำดับ นอกจากนี้พบจำนวนตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนแบคทีเรียในอากาศที่ระดับปริมาณแบคทีเรีย 10^3 CFU/m³ ที่บริเวณวงเวียนโอเดียน (ร้อยละ 23.8) มากกว่าที่บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ (ร้อยละ 10) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้น ผลการศึกษาในครั้งนี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่อาจเป็นประโยชน์ในการวางมาตรการป้องกันและควบคุมคุณภาพอากาศด้านจุลินทรีย์ที่อาจก่อโรคทางเดินหายใจต่อไป

Airborne Bacteria at Traffic Congested Areas in Bangkok Metropolis

Krithakorn Pratumvong* Orasa Suthienkul**

Noppaporn Panich*** Uracha Nivatapan****

ABSTRACT

The study of airborne bacteria in outdoor air samples was carried out successively 80 days at Chulalongkorn Hospital (CU) and Odean Circle (OD), Bangkok Metropolis. A total of 80 outdoor air samples were collected at each site by six-stage Anderson sampler 2000 from October 1997 to January 1998. Airborne bacteria were quantified and identified on plate count agar (PCA) and blood agar (BA). Geometric means of bacterial numbers from OD on PCA 5.1×10^2 colony forming unit/m³ (CFU/m³) and BA 4.1×10^2 CFU/m³ were significantly higher than those from CU on PCA 3.5×10^2 CFU/m³ and BA 2.6×10^2 CFU/m³ ($p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively). Airborne bacteria were found in all six stages of impactor both in PCA and BA. On BA, number of OD air samples found cocci and/or bacilli in each stage impactor were not different from those of CU. The dominant airborne bacteria of the air samples were γ -hemolytic both Gram positive and negative bacteria found at CU (90%) and OD (88.8%), followed by β -hemolytic Gram positive bacteria found at CU (70.1%) and OD (55.4%). Gamma-hemolytic *Streptococcus* and *Staphylococcus* spp. were predominant types, 72.5% and 71.3% at CU, and 58.8% and 81.3% at OD, respectively. The OD air samples of 10^3 CFU/m³ level showed significantly higher (23.8%) than those of CU (10%) ($p < 0.05$). Therefore, this primary data might be useful for further preventive and control measurement on outdoor air quality.

Key words : Outdoor air, Airborne bacteria, Traffic-congested area

*Department of Health Education, Srinakarinwiroth University (Prasanmitr), Bangkok

**Department of Microbiology, Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok

***Environmental Research Institute, Chulalongkorn University, Bangkok

****Technical and Planning Division, Public Cleansing Department, Bangkok Metropolitan Administration, Bangkok

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่	
1 บทนำ	1
ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหาการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ขอบเขตการวิจัย	3
2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	4
มลพิษทางอากาศ	4
ฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร	5
แหล่งที่มาที่สำคัญของฝุ่นละออง	6
โรคที่เกิดจากฝุ่นละออง	7
การแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ	7
การศึกษาลักษณะโคโลนีของแบคทีเรีย	13
ผลกระทบของฝุ่นละออง (PM 10) ต่อสุขภาพ	16
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20

สารบัญ

	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัยและอุปกรณ์	25
อุปกรณ์และวิธีการ	25
เครื่องมือเก็บแบคทีเรียในอากาศและอาหารเลี้ยงเชื้อ	25
สถานที่เก็บและจำนวนตัวอย่าง	26
การเก็บตัวอย่างอากาศ	27
การตรวจวิเคราะห์ปริมาณและประเภทเชื้อแบคทีเรีย	29
สูตรการคำนวณหาจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์	29
การวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรีย	30
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	33
4 ผลการวิจัย	34
การตรวจวิเคราะห์ปริมาณและประเภทแบคทีเรียที่มีในตัวอย่างอากาศ	
นอกอาคาร	34
การวิเคราะห์ Streptococcus และ Staphylococcus ในตัวอย่างอากาศ	
นอกอาคาร	38
ปริมาณแบคทีเรียในตัวอย่างอากาศนอกอาคารตามรายเดือน	39
ปริมาณแบคทีเรียในตัวอย่างอากาศนอกอาคารตามวันในสัปดาห์	41
อภิปรายและสรุปผลการวิจัย	43
บรรณานุกรม	47
ภาคผนวก	51

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 ลักษณะที่แตกต่างกันของจุลินทรีย์ในอากาศภายนอก และอากาศภายในอาคารสถานที่	9
2 ค่าเฉลี่ย (Geometric mean) ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) ต่อปี หน่วยไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงปี พ.ศ 2535 – 2537	17
3 สัดส่วนของสปอร์ฟังไจ 10 ชนิด ระหว่างภายในกับภายนอกอาคาร	21
4 ปริมาณแบคทีเรียในสถานที่ต่างๆ (โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร)	22
5 ค่ามาตรฐานของแบคทีเรียในอากาศ (air bacteria hygienic standards) ในประเทศไชเวียตริสเซีย (จำนวนแบคทีเรีย/ลูกบาศก์เมตร)	23
6 ค่ามาตรฐานแบคทีเรียในอากาศในประเทศญี่ปุ่น (air bacteria – hygienic standards) (จำนวน แบคทีเรีย/ลูกบาศก์เมตร)	24
7 Number (%) and total bacteria count on BA of air samples with hmolysis and non hemolysis from Chulalongkon Hospital (CU) and Odean circle (OD)	35
8 Number (%) of outdoor air samples positive for cocci, bacilli bacteria in six stages Andersen sampler 2000 at Chulalongkorn Hospital (CU) and Odean circle (OD)	37
9 Number (%) of outdoor air samples positive for Gram positive and negative bacteria from Chulalongkorn Hospital (CU) and Odean Circle (OD)	38
10 Number (%) of outdoor air samples positive for <i>Streptococcus</i> and <i>Staphylococcus</i> on blood agar (BA) collected from Chulalongkorn Hospital (CU) and Odean Circle (OD)	39

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
11 Levels of bacteria count of air samples collected from Chulalongkorn Hospital (CU) and Odean Circle (OD) (N = 80) ..	43
12 ค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่น PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) เป็นรายวันที่บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และวงเวียนโอเดียน ช่วงเดือนตุลาคม – ธันวาคม 2540	57
13 ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของปริมาณแบคทีเรียในอากาศบน plate count agar เป็นรายวัน (ซีเอฟยู/ม ³)	58
14 ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตปริมาณแบคทีเรียในอากาศบน blood agar เป็นรายวัน (ซีเอฟยู/ม ³)	58

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่น PM10 ที่บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ (จันทร์ – อาทิตย์) พ.ศ. 2538	18
2 ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่น PM10 ที่บริเวณวงเวียนโอเดียน (จันทร์ – อาทิตย์) พ.ศ. 2538	18
3 โครงสร้างภายในและภายนอกของ Viable microbial particle sizing Samplers (Andersen Sampler, 2000 INC)	25
4 สถานที่เก็บตัวอย่างทั้ง 2 บริเวณ	26
5 จานอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA (ใส) และ BA (แดง)	27
6 การจัดตั้งเครื่องมือเก็บอากาศ	28
7 การเก็บและบ่มเชื้อ	29
8 โคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ BA	30
9 การย้อมสีแกรมเชื้อแบคทีเรีย	31
10 ศึกษาแบคทีเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์	32
11 การเจริญของเชื้อแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อทั้ง 2 ชนิด (PCA และ BA)	32
12 Geometric means of total bacteria count on plate count agar (PCA) and blood agar (BA) on 6 – stage Andersen Sampler of outdoor air samples collected from Chulalongkorn Hospital (CU) and Odean Circle (OD)	36
13 Geometric mean of total bacteria count (PCA) from Chulalongkorn Hospital PCA(CU), Odean Circle PCA(OD) and Blood agar (BA) from Chulalongkorn Hospital BA(CU), Odean Circle BA(OD) by month from October 1997 to January 1998 ...	40

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพ

14	Geometric means of total bacteria count on PCA of air sample collected from Chulalongkorn Hospital (CU) and Odean Circle (OD), by day of the week from October 1997 to January 1998 ..	41
15	Geometric means of total bacteria count on BA of air samples collected from Chulalongkorn Hospital (CU) and Odean Circle (OD), by day of the week from October 1997 to January 1998 ..	42
16	โครงสร้างภายในของ Viable microbial particle sizing samplers (Andersen Sampler. 2000 INC)	52
17	ปริมาณแบคทีเรียในอากาศนอกอาคาร (ซีเอฟยู/ม ³) บน plate count agar (—□—) กับปริมาณฝุ่น PM10 (μg/m ³ (- -●- -)) ในแต่ละวันบริเวณโรงพยาบาลจุฬาฯ	59
18	ปริมาณแบคทีเรียในอากาศนอกอาคาร (ซีเอฟยู/ม ³) บน plate count agar (—■—) กับปริมาณฝุ่น PM10 (μg/m ³ (- -○- -)) ในแต่ละวันบริเวณวงเวียนโอเดียน	59
19	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่น PM10 (μg/m ³) กับปริมาณแบคทีเรียในอากาศนอกอาคาร (ซีเอฟยู/ม ³) บน plate count agar ที่บริเวณ (ก) โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และ (ข) วงเวียนโอเดียน	60
20	ปริมาณแบคทีเรียในอากาศนอกอาคาร (ซีเอฟยู/ม ³) ชนิดที่มีฮีโมไลซิส (—◇—) และชนิดไม่มีฮีโมไลซิส (—◆—) กับปริมาณฝุ่น PM10 (μg/m ³ (- -●- -)) ในแต่ละวันที่บริเวณโรงพยาบาลจุฬาฯ ...	61

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพ

- 21 ปริมาณแบคทีเรียในอากาศนอกอาคาร (ซีเอฟยู/ม³) ชนิดที่มีฮีโมไลซิส (—△—) และชนิดไม่มีฮีโมไลซิส (—▲—) กับปริมาณฝุ่น PM10 (μg/m³ (—○—) ในแต่ละวันที่บริเวณวงเวียนโอเดียน 61
- 22 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่น PM10 (μg/m³) กับปริมาณแบคทีเรียในอากาศนอกอาคาร (ซีเอฟยู/ม³) ชนิดมีฮีโมไลซิส (ก) และชนิดไม่มีฮีโมไลซิส (ข) ที่บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ 62
- 23 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่น PM10 (μg/m³) กับปริมาณแบคทีเรียในอากาศนอกอาคาร (ซีเอฟยู/ม³) ชนิดมีฮีโมไลซิส (ก) และชนิดไม่มีฮีโมไลซิส (ข) ที่บริเวณวงเวียนโอเดียน 63

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหาการวิจัย

สภาพอากาศในกรุงเทพมหานคร ได้กลายมาเป็นประเด็นปัญหาสำคัญในช่วง 5-6 ปีที่ผ่านมา ตำรวจจราจร เจ้าหน้าที่ เด็กนักเรียน และประชาชนจำนวนมากต้องเจ็บป่วยและเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ หรือโรคอันเนื่องมาจากสารพิษทางอากาศ ต้นเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้สภาพอากาศในกรุงเทพมหานครอยู่ในภาวะอันตราย คือฝุ่นที่แขวนลอยในอากาศ โดยเฉพาะฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM10) ซึ่งสามารถผ่านเข้าไปถึงทางเดินหายใจส่วนล่าง และถุงลมปอด ทำให้เกิดโรคและการเจ็บป่วยของระบบทางเดินหายใจ เช่น ไข้หวัด ปอดอักเสบ วัณโรค หลอดลมอักเสบ คออักเสบ เป็นต้น การเจ็บป่วยของคนไทย แยกตามโรค ตลอดปี พ.ศ. 2536 พบว่า ผู้ป่วยนอกส่วนใหญ่ร้อยละ 25.4 เป็นโรคระบบทางเดินหายใจ คิดเป็นอัตราป่วย 232.8 ต่อพันคน ซึ่งเป็นอัตราป่วยที่สูงที่สุด ในกรุงเทพมหานคร โรคปอดบวมเป็นโรคที่มีอัตราตายสูงที่สุด ช่วงปี พ.ศ. 2538-2541 ในจำนวนโรคติดต่อที่เฝ้าระวัง เช่นเดียวกับวัณโรคที่มีผู้ป่วยและอัตราตายเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มอายุมากกว่า 35 ปีขึ้นไป การศึกษาสถานการณ์สิ่งแวดล้อมไทย พบว่าปัญหามลพิษของฝุ่นละอองส่งผลกระทบต่อชาวกรุงเทพมหานคร มากกว่า 9 แสนคนได้ป่วยเป็นโรคทางเดินหายใจ โดยมีต้นเหตุมาจากควันท่อไอเสีย ควันจากการเผาผล นอกจากนี้ผลการวิจัยของคณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล ร่วมกับองค์การอนามัยโลก พบว่าเด็กไทย ประมาณ 3 ล้านคนป่วยเป็นโรคติดเชื้อทางเดินหายใจที่มีสาเหตุมาจากมลภาวะอากาศ นอกจากนี้ ในปี พ.ศ. 2539 องค์การอนามัยโลก ได้เคยประกาศเตือนว่าอากาศในกรุงเทพฯ มีสารตะกั่ว ฝุ่นละออง เกินกว่าระดับปกติ หรือเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ถึง 6.5 เท่า และมีพิษเกินกว่าระดับมาตรฐานสากล 14 เท่า รวมทั้งมีเชื้อแบคทีเรียและเชื้อโรคชนิดต่างๆ ในอากาศด้วย ในปีเดียวกันนี้ เทพนม เมืองแมน ได้วิจัยเชื้อโรคในยานพาหนะของคนกรุงเทพมหานคร

พบว่า เชื้อโรคต่างๆ อาศัยฝุ่นเป็นพาหะ พบเชื้อในฝุ่นถึงร้อยละ 84 ซึ่งมีทั้งเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา ที่สามารถทำให้เกิดโรคในมนุษย์ได้เกือบทุกระบบของร่างกาย

สำหรับการสูญเสียทางเศรษฐกิจและสาธารณสุข ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และปริมณฑล ซึ่งเป็นเขตมลพิษทางอากาศสูง เท่ากับ 3,223 ล้านบาทต่อเดือน ถ้ารวม ค่ารักษาเข้ากับค่าใช้จ่ายอื่นที่เกี่ยวข้องกับการป่วยด้วยโรคในกลุ่มนี้สูงถึง 9,671 ล้านบาทต่อเดือน และค่าสูญเสียโอกาสเนื่องจากมีปัญหาสภาพด้วยโรคจากมลพิษทางอากาศเท่ากับ 6,680 ล้านบาทต่อเดือน รวมทั้งสิ้นเป็นเงิน 16,352 ล้านบาทต่อเดือน นับเป็นความสูญเสียทางเศรษฐกิจระดับบุคคลและครอบครัวที่สูง ทั้งนี้ยังมิได้ประมาณ เป็นค่าใช้จ่ายอันเกิดจากการชดเชยในการสร้างมลพิษทางอากาศที่อาจเกิดขึ้นได้ และประชาชนส่วนใหญ่ไม่พึงพอใจในการรับค่าชดเชยนี้ และถ้าต้องมีการชดเชย ประชาชนมีความเห็นต่อค่าชดเชย สูงกว่าค่ารักษาพยาบาลที่เป็นหมวดหนึ่งของปัญหาเศรษฐศาสตร์สาธารณสุข (สมาคมแพทยอาชีวเวชศาสตร์และสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2539)

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศนอกอาคาร ซึ่งปะปนในอากาศประเภทฝุ่นละอองนั้นพบน้อยมาก และยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานจุลินทรีย์ในบรรยากาศ ดังนั้นคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปริมาณ และประเภทแบคทีเรียจากตัวอย่างอากาศในกรุงเทพมหานคร รวมทั้งความสัมพันธ์ของปริมาณและชนิดแบคทีเรียที่มีในตัวอย่างอากาศที่เก็บบริเวณหน้าตึก ภปร. โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และบริเวณวงเวียนโอเดียน เขาวราชซึ่งเป็นย่านชุมชนที่มีการจราจรหนาแน่น และมีอาคารสำนักงาน อาคารบ้านพักอาศัย และร้านค้า นอกจากนี้ยังใกล้กับสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นซึ่งมีประโยชน์ในการศึกษาคุณภาพจุลินทรีย์ในอากาศนอกอาคาร และเป็นแนวทางในการกำหนดมาตรการสำหรับป้องกันและควบคุม จุลินทรีย์ในอากาศนอกอาคาร อันอาจจะทำให้ก่อการแพร่โรกระบบทางเดินหายใจ และโรคอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีมลพิษทางอากาศเป็นพาหะ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของแบคทีเรียในอากาศย่านจราจรหนาแน่นในเขตกรุงเทพมหานคร
2. เพื่อศึกษาปริมาณและประเภทแบคทีเรียจากตัวอย่างอากาศย่านจราจรหนาแน่นในเขตกรุงเทพมหานคร
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณและประเภทแบคทีเรียที่มีในตัวอย่างอากาศที่เก็บบริเวณย่านจราจรหนาแน่นในเขตกรุงเทพมหานคร

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเฉพาะกลุ่มแบคทีเรียที่อาจก่อให้เกิดโรคทางเดินหายใจซึ่งจะมีการสลายเม็ดเลือดแดง และทำการเก็บตัวอย่างบริเวณที่มีจราจรหนาแน่นในช่วงที่มีปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ (PM10) มาก โดยทำการเก็บตัวอย่างอากาศจากเครื่องเก็บอากาศ Andersen Sampler 2000 INC

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

มลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศ ได้มีนักวิชาการหลายท่านได้ให้คำจำกัดความไว้ดังนี้

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

ในส่วนประกอบทั่วไปของอากาศที่มนุษย์หายใจจะมีปริมาณก๊าซต่าง ๆ คงที่ เช่น ก๊าซไนโตรเจน 78.03% ออกซิเจน 21% คาร์บอนไดออกไซด์ 0.03% ที่เหลือเป็นก๊าซอื่น ๆ แต่จะมีปริมาณไอน้ำ และฝุ่นละออง (ฝุ่นละอองประกอบด้วย แบคทีเรีย ยีสต์ รา ไวรัส และอื่นๆ แตกต่างกันไปตามสภาวะแวดล้อมของบรรยากาศ เช่น กรณีเมื่อมีมลพิษทางอากาศ เพราะมีก๊าซอื่นหรืออนุภาคบางอย่างเจือปนเข้าไปก็จะทำให้อากาศนั้นสกปรกซึ่งอาจเกิดขึ้นเฉพาะที่หรือครอบคลุมบริเวณกว้างขวางก็ได้ (Salle. 1978)

สุทิน อยู่สุข (2533) ให้ความหมายว่า “มลพิษทางอากาศ” หมายถึง การที่อากาศเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพปกติตามธรรมชาติโดยการที่องค์ประกอบที่มีอยู่เดิมตามธรรมชาติชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือหลายชนิด มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ หรือ มีสิ่งแปลกปลอมไปจากองค์ประกอบตามธรรมชาติเข้าไปปะปนอยู่ด้วยอย่างน้อยหนึ่งชนิด และสิ่งแปลกปลอมนี้อาจจะอยู่ในรูปของ ฝุ่น ก๊าซ ไอระเหย ฟูม ละออง ควัน และกลิ่นก็ได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบดังกล่าวนี้มีปริมาณ และระยะเวลาสัมผัสเพียงพอที่จะทำให้เกิดอันตราย หรือผลเสียต่อชีวิตมนุษย์ สัตว์ พืช หรือทำความเสียหายให้แก่วัสดุ สิ่งของ รวมทั้งรบกวนการดำรงชีวิต และความผาสุกของมนุษย์

มลพิษทางอากาศ หรืออากาศสกปรกมักมีผลส่วนใหญ่ต่อระบบทางเดินหายใจ ทำให้สุขภาพเสื่อมในพิภพต่าง ๆ กันแล้วแต่ความรุนแรงของสภาวะมลพิษทางอากาศ ดังนี้ (มุกดา ตฤณานนท์ และคณะ. 2537)

1. การสัมผัสอากาศสกปรกรุนแรง ทำให้มีอัตราป่วย และอัตราการตายสูง เช่น ที่กรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ เดือนธันวาคม พ.ศ. 2495 มลพิษทางอากาศทำให้ประชาชนเสียชีวิตไปประมาณ 4,000 คน เนื่องจากโรคหลอดลมอักเสบ โรคระบบการหายใจอ่อนสมรรถภาพการทำงานของปอด โรคปอดอุดตันเรื้อรัง และโรคหัวใจ การที่คนเสียชีวิตเป็นจำนวนมากนั้นเกิดจากความผิดปกติของอากาศ

2. ผลจากการสัมผัสอากาศสกปรกเรื้อรังต่อการตายและการเกิดโรค ได้มีการศึกษาในหลายแห่งสรุปว่าผลของการสัมผัสต่ออากาศเสียไม่มากนัก แต่เป็นเวลานาน จะทำให้สุขภาพเสื่อมโทรมได้ โดยเฉพาะการเกิดโรคปัจจุบันของทางเดินอากาศหายใจ ส่วนต้นชนิดไม่จำเพาะ, อักเสบเรื้อรัง, และโรคของปอดชนิดอื่นๆ เช่น โรคหืดและโรคถุงลมปอดโป่งพอง เป็นต้น ทำให้อัตราป่วย และอัตราตายเพิ่มมากขึ้น

3. การสัมผัสอากาศสกปรกกับการเสื่อมสมรรถภาพการทำงานของปอด ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจเรื้อรังอยู่แล้ว เมื่อได้รับอากาศเสียเข้าไปอีก การทำหน้าที่ของปอดก็จะเสื่อมสมรรถภาพ และทำให้อาการกำเริบขึ้น ที่เห็นได้ชัดก็คือมีแรงต้าน การไหลของอากาศเข้าออกจากปอด

ฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร

ฝุ่นละออง (particulate matter) เป็นสารที่มีความหลากหลายด้านกายภาพและองค์ประกอบ อาจมีสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลวได้ ฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศรอบๆ ตัวเรามีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอน ซึ่งเป็นกลุ่มของโมเลกุลที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็นต้องใช้กล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอนไปจนถึงฝุ่นขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน ซึ่งเป็นฝุ่นทรายขนาดใหญ่มองเห็นด้วยตาเปล่า (ฝุ่นที่มองเห็นด้วยตาเปลามีขนาดตั้งแต่ 50 ไมครอนขึ้นไป)

ฝุ่นละอองในบรรยากาศอาจแยกได้เป็น 2 ประเภท ตามแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง คือ

1) ฝุ่นละอองปฐมภูมิ (primary particle) ซึ่งเป็นฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นและแพร่กระจายสู่บรรยากาศจากแหล่งกำเนิดโดยตรง

2) ฝุ่นละอองทุติยภูมิ (secondary particle) ซึ่งเป็นฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นภายหลังโดยปฏิกิริยาต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่น การรวมตัวของฝุ่นละอองปฐมภูมิด้วยกัน หรือรวมตัวกับก๊าซหรือรวมตัวกับของเหลว หรือรวมตัวกับของแข็งด้วยปฏิกิริยาทางเคมีหรือปฏิกิริยาเคมีแสง (photochemical reaction) ซึ่งฝุ่นละอองเหล่านี้ จะมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันไปตามลักษณะการรวมตัวของฝุ่นละออง เช่น ควีน (smoke) ฟุม (fume) หมอกน้ำค้าง (mist) เป็นต้น

แหล่งที่มาที่สำคัญของฝุ่นละออง

แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในบรรยากาศ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (natural particle) ได้แก่ ดิน ทราย หิน ละอองไอน้ำ เขม่าควันจากไฟฟ้า และฝุ่นเกลือจากทะเล เป็นต้น

2. ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น (man-made particle) ได้แก่

- ฝุ่นจากการคมนาคมขนส่งและการจราจรและยานพาหนะต่าง ๆ เช่น ฝุ่นดินทรายที่ฟุ้งกระจายในถนนขณะที่รถยนต์วิ่งผ่าน ฝุ่นดินทรายที่หล่นจากการบรรทุกขนส่ง การกองวัสดุสิ่งของบนทางเท้าหรือบนเส้นทางการจราจร ฝุ่นที่เกิดจากควันดำรถยนต์ดีเซล ควันขาวจากเครื่องยนต์ เป็นต้น

- ฝุ่นจากการก่อสร้าง เช่น ฝุ่นจากการสร้างถนน/อาคาร การปรับปรุงผิวจราจร การรื้อถอน อาคารและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ การก่อสร้างเพื่อติดตั้งหรือปรับปรุงระบบสาธารณูปโภค

- ฝุ่นจากการประกอบการอุตสาหกรรม ได้แก่ ฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น น้ำมันเตา และถ่านหินลิกไนต์ และฝุ่นละอองที่เกิดจากขบวนการผลิตของอุตสาหกรรมบางประเภท ได้แก่ โรงงานผลิตปูนซีเมนต์ โรงงานถลุงและหล่อหลอมเหล็กและโรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับหิน กรวด ทราย หรือดิน สำหรับใช้ในการก่อสร้างอย่างใดอย่างหนึ่ง การโม่ บดหรือย่อยหิน การร่อน หรือการคัดกรวดหิน ทราย เป็นต้น

- ผุ่นจากการประกอบกิจการอื่น ๆ เช่น การทำความสะอาด การทำอาหาร การทาสี การเผาขยะในที่แจ้ง เป็นต้น

ในปัจจุบันแหล่งที่มีปัญหาเกี่ยวกับฝุ่นละอองมากที่สุดของประเทศ ได้แก่ กรุงเทพมหานคร โดยแหล่งสำคัญของฝุ่นละอองมีดังนี้

1. ฝุ่นที่ปลิวจากถนนซึ่งเกิดจากการวิ่งของยานยนต์ปีละประมาณ 20,378 ตัน (ร้อยละ 29.5)
2. ฝุ่นจากหม้อไอน้ำ ปีละประมาณ 18,115 ตัน (ร้อยละ 29.5)
3. ฝุ่นที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จากยานยนต์ต่าง ๆ ปีละประมาณ 14,043 ตัน (ร้อยละ 22.8)
4. ฝุ่นจากโรงไฟฟ้า ปีละประมาณ 7,191 (ร้อยละ 11.7)
5. ฝุ่นจากการก่อสร้าง ปีละประมาณ 1,752 ตัน (ร้อยละ 2.9)

โรคที่เกิดจากฝุ่นจราจร

ฝุ่นในบรรยากาศที่เพิ่มขึ้นในเมืองใหญ่ ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยเฉพาะน้ำมันดีเซลที่เผาในเครื่องยนต์ทำให้เกิดโรคได้หลายอย่าง

- โรคระบบเยื่อ ปัจจุบัน เกิดได้ตลอดทางเดิน อากาศหายใจตั้งแต่โพรงจมูก คอหอยส่วนจมูก จนถึงปอด
- โรคภูมิแพ้ อุบัติการณ์โรคหืดเรื้อรังหรือโรคโพรงจมูกอักเสบภูมิแพ้มีอุบัติการณ์สูงขึ้น เกิดจากฝุ่นขนาดใหญ่ 10 ไมโครเมตรขึ้นไปซึ่งเข้ามาได้ในบริเวณนี้ โรคหืดหลอดลมเกิดจากฝุ่นขนาดเล็ก ความถี่ของการจับหืดบ่อยขึ้น
- โรคกล่องเสียงและหลอดลมคออักเสบเรื้อรัง เกิดจากฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร
- โรคมะเร็ง พบในทางเดินอากาศหายใจทุกระดับขึ้นกับความหนาแน่นของฝุ่นขนาดต่าง ๆ

การแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ

Louis Pasteur เป็นคนแรกที่ได้ทดลองให้เห็นว่าในอากาศมีแบคทีเรียปะปนอยู่ด้วยและต่อมาในปี ค.ศ. 1867 Joseph Lister ได้เป็นผู้ริเริ่มนำ carbolic acid หรือ

phenol มาฉีดพ่นในห้องผ่าตัดเพื่อทำลายจุลินทรีย์ต่าง ๆ เป็นการช่วยลดปัญหาการติดเชื้อให้กับผู้ป่วย

ปี ค.ศ. 1897 – 1898 ศาสตราจารย์ Flugge แห่งมหาวิทยาลัยเบรสลีได้ทดลองพบว่าอากาศเป็นแหล่งแพร่ระบาดของโรคต่าง ๆ ได้ จนกระทั่งในสมัยปลายสงครามโลกครั้งที่ 1 Stillman ได้พบว่าอากาศเป็นแหล่งระบาดของโรคที่เกิดจาก *Streptococcus pneumoniae*, *S. pyogenes* และ *Klebsiella*

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

จุลินทรีย์ในอากาศนั้นมีทั้งแบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส โปรโตซัว ทั้งในรูปของสปอร์และ vegetative form และมีที่มาต่าง ๆ กัน จากคน สัตว์ พืช และธรรมชาติ เช่น ฝุ่นละออง ดิน น้ำ แต่ส่วนมากเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อโรค มีเพียงส่วนน้อยที่สามารถก่อโรคได้ และมีความทนทานในอากาศได้ดี เนื่องจากการยังชีพในอากาศของจุลินทรีย์มีความแตกต่างกัน ในแต่ละชนิด บางชนิดไวต่อออกซิเจน ถูกทำลายได้ง่าย บางชนิดต้องการอาหารพิเศษเพื่อการเจริญเติบโต หรืออุณหภูมิ ความชื้นบางชนิดจะสร้างสปอร์และยังมีชีพออยู่ได้นานเป็นปีในธรรมชาติ ดังนั้นจุลินทรีย์ในอากาศที่ก่อโรคได้นั้นจึงมีอยู่ไม่มาก ส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อโรค อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะไม่สามารถก่อโรคได้หากมีปริมาณมากเกินไป หรือได้รับบ่อย ๆ (expose) ก็สามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันของร่างกายให้เกิดเป็นโรคภูมิแพ้ได้ (hypersensitivity) แสดงในตาราง 1 จุลินทรีย์ในอากาศนั้นจะอยู่ร่วมกับอนุภาคของฝุ่นละออง หรือที่เรียกว่าละอองอากาศ (aerosols) ซึ่งอาจมีขนาดเล็กที่สุดคือ 1 ไมโครเมตร ไปจนถึง 100 ไมโครเมตร ถ้าใหญ่กว่านี้จะตกลงสู่

พื้นดินได้ในเวลาอันรวดเร็วจึงไม่ฟุ้งกระจาย ไปในอากาศ ละอองที่พบว่ามีจุลินทรีย์ มักมีขนาดระหว่าง 4-20 ไมโครเมตร แต่ที่น่าสนใจคือ ละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร เนื่องจากเป็นขนาดที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของเราได้ (respirable particles) และถ้าเล็กกว่า 5 ไมโครเมตร จะเป็นพวกที่สามารถถึงถุงลมปอด และทางเดินหายใจส่วนปลายที่ติดกับถุงลมปอดได้ (nonciliated respiratory bronchioles) ซึ่งจะตกค้างเป็นเวลานาน และก่อให้เกิดการติดเชื้อ หรือภูมิแพ้ขึ้นได้ (กนกรัตน์ ศิริพานิชกร 2538)

ตาราง 1 ลักษณะที่แตกต่างกันของจุลินทรีย์ในอากาศภายนอก และอากาศภายใน อาคารสถานที่

ลักษณะ	จุลินทรีย์ในอากาศภายนอก อาคารสถานที่	จุลินทรีย์ในอากาศภายใน อาคารสถานที่
ที่มา	จากธรรมชาติ พืช สัตว์ คน	จากจุลินทรีย์ประจำถิ่นของ คนเป็นส่วนมาก
ปริมาณ	มาก มีประมาณ 3 เท่า ของอากาศในอาคาร	โดยทั่วไปน้อยกว่าอากาศ ภายนอก และขึ้นอยู่กับ กิจกรรมของคนในสถานที่นั้น
ชนิดของจุลินทรีย์	หลากหลาย	น้อยชนิด
อิทธิพลของสิ่งแวดล้อม รังสี ความชื้น มลภาวะฯ	มีผลกระทบมาก	มีผลกระทบน้อย
การกระจายตัว	ไม่สม่ำเสมอขึ้นกับหลาย ปัจจัย	ค่อนข้างสม่ำเสมอ อากาศ มักนิ่ง หรือมีความเร็ว ต่ำ

จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคที่พบแพร่ระบาดในอากาศส่วนมากมาจากระบบทางเดินหายใจมากที่สุด โรคติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจนอกจากจะติดต่อได้โดยการสัมผัสกับผู้ป่วยโดยตรงด้วยการไอหรือจามแล้ว ยังสามารถติดต่อได้ทางอ้อมด้วยการ

หายใจนำเชื้อที่ปะปนในอากาศเข้าสู่ร่างกาย การติดเชื้อในลักษณะนี้เรียกว่า droplet infection การไอหรือจามแต่ละครั้งจะมีอนุภาคต่าง ๆ และจุลินทรีย์แพร่กระจายออกมาเป็นจำนวนมากในการไอหรือจามที่ไม่มีการปิดกั้นด้วยผ้าเช็ดหน้า หรือวัสดุอื่น ๆ จะทำให้จุลินทรีย์แพร่กระจายได้ไกลมากถึง 15 ฟุต จึงก่อให้เกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจของทหารเรือในเรือดำน้ำไพลาริส ของสหรัฐอเมริกาที่ได้ปฏิบัติการได้น้ำเป็นเวลานาน 2 เดือน พบว่าในระยะแรกทหารเรือจำนวน 130-140 คนจะเป็นโรคติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจกันมาก แต่ในระยะหลังจะมีการติดเชื้อได้น้อยมาก เนื่องจากร่างกายมีการสร้างภูมิคุ้มกันขึ้นต่อต้านเชื้อเหล่านี้

เชื้อจุลินทรีย์ที่พบอาจเป็นชนิดที่ทำให้เกิดโรค (pathogenic microorganisms) จะก่อให้เกิดโรคเมื่อร่างกาย ได้รับเชื้อโรคเข้าไป หรือเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค (nonpathogenic microorganisms) ซึ่งจะอยู่ในสภาวะแวดล้อม ดิน น้ำ อากาศ นอกจากนี้ยังอาศัยอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ผิวหนัง ทางเดินหายใจ โดยไม่ทำให้เกิดโรคในสภาวะปกติ แต่ถ้าไปเจริญอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ผิดปกติไป ก็อาจจะทำให้เกิดโรคติดเชื้อนั้น ๆ ได้ อย่างไรก็ตามในแง่ของโรคติดเชื้อจุลินทรีย์ อาจจำแนกเชื้อจุลินทรีย์ได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่คือ แบคทีเรีย (bacteria) เชื้อรา (fungus) ไวรัส (virus) แต่ในที่นี้จะกล่าวเน้นถึงแบคทีเรียเท่านั้น (คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล. 2535)

แบคทีเรีย

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

1. ทรงกลม (spherical) เป็นพวกที่มีลักษณะกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง ด้านกว้าง และด้านยาวใกล้เคียงกันมาก บางชนิดอาจมีรูปร่างกลมที่เพี้ยนไปบ้าง เช่น รูปร่างกลมที่มีซีกด้านข้างหนึ่งแบนคล้ายรูปไต แบคทีเรียรูปร่างกลมเหล่านี้เรียกว่า coccus นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งตามลักษณะการเรียงตัวได้ เช่น Staphylococcus หมายถึง พวกที่มีการเรียงตัวเป็นกลุ่ม ๆ Streptococcus หมายถึง พวกที่มีการเรียงตัวเป็นสายยาว เป็นต้น

Streptococci สามารถออกเป็น 3 ชนิด คือ

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 และสามารถสกัดได้โดยใช้ซีรัม (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 ในบรรยากาศทำให้เกิด hemolysin เฉพาะ โคโลนีที่อยู่ในเนื้อมีเดีย (media)

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 มาจาก คำว่า “viridans” แปลว่าสีเขียว เชื้อกลุ่มนี้ประกอบด้วยหลายสปีชีส์ เช่น *S. salivarius*

3. γ - hemolytic หรือ non hemolytic streptococci

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

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

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

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

สำหรับแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคติดเชื้อจากอากาศมีดังนี้

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*

การศึกษาลักษณะโคโลนีของแบคทีเรีย

โคโลนีของแบคทีเรียเกิดจากการเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียบนอาหาร เลี้ยงเชื้อที่เป็นอาหารแข็ง (solid media) หรือ agar plate โดย 1 โคโลนีเจริญมาจากการแบ่งตัวของแบคทีเรีย 1 เซลล์ แบคทีเรียก่อโรคทั่ว ๆ ไปที่มีความสำคัญในการแพทย์ลักษณะโคโลนีจะปรากฏ ชัดเจนเห็นได้โดยตาเปล่าใน 24 ชั่วโมง ยกเว้นบางชนิดที่เจริญเติบโตช้า เช่น บางสายพันธุ์ของ *Streptococcus*, *Neisseria* และ *Haemophilus* อาจต้องใช้เวลาราว 48 ชั่วโมง ลักษณะโคโลนีบางจีส และสปีชีส์อาจคล้ายคลึงกัน เช่น พวก Enteric Gram ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรียบางจีส 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* จะมีผิวหน้าแห้งเป็นจิบและกลิ่นเหม็นดินอับเป็นต้น

การศึกษาลักษณะโคโลนีต้องพิจารณาถึงส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. Shape : Circular - *Staphylococcus*

Irregular - *Pseudomonas aeruginosa*

- *Bacillus 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 (แบนราบ) - *Bacillus*
 Convex (นูน) - *Corynebacterium*

Surface :

- ผิวหน้าเรียบหรือไม่เรียบ (smooth or rough)
 - เป็นมันหรือด้าน (glistening or dull) เช่น *Staphylococcus* ผิวหน้าเรียบและ
 เป็นมัน ส่วนผิวหน้าไม่เรียบ (เป็นจิบ) 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*

6. Opacity :

- Transparent (ใส) - *Haemophilus*
 Translucent - *Streptococcus, Neisseria*
 Opaque (ทึบ) - *Staphylococcus*

7. Consistency :

- Butyrous (เหมือนเนย) - *Staphylococcus*
 Sticky (เป็นมูกเหนียว) - *Klebsiella*

8. Emulsifiability :

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

9. Odor

- | | |
|--|-----------------------------------|
| เหม็นคาว (fishy odor) | - <i>Proteus</i> |
| เหม็นเน่า (fecal odor) | - Anaerobes |
| หอมเหมือนน้ำอู่น | - <i>Pseudomonas aeruginosa</i> |
| กลิ่นเหมือนดินอับหรือโคลน (Earthy or musty odor) | - <i>Pseudomonas pseudomallei</i> |

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 °C เราสามารถแบ่งจุลินทรีย์ออกเป็น 3 ประเภทตามความแตกต่างของอุณหภูมิในการเจริญ คือ psychrophile เจริญได้ดีตั้งแต่ อุณหภูมิ 0 °C - 20 °C mesophile เจริญได้ดีในอุณหภูมิ 20 °C - 45 °C thermophile เจริญได้ดีในอุณหภูมิ 45 °C - 70 °C

2. แสงสว่าง สำหรับพวก photosynthetic bacteria

3. ออกซิเจน สามารถแบ่งแบคทีเรียตามความต้องการออกซิเจน ในการเจริญเติบโต แบ่งแบคทีเรียออกเป็น aerobic bacteria ต้องการเจริญในภาวะที่มีออกซิเจน anaerobic bacteria เจริญในที่ที่ไม่มีออกซิเจน facultative anaerobic bacteria เจริญได้ทั้งในภาวะที่มีออกซิเจน และไม่มีออกซิเจน microaerophilic bacteria เจริญในบรรยากาศที่มีออกซิเจนเพียงเล็กน้อย

4. สภาพความเป็นกรด - ด่าง แบคทีเรียส่วนมากเจริญได้ดีในช่วง pH 6.5-7.5

ผลกระทบของฝุ่นละออง (PM 10) ต่อสุขภาพ

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

การศึกษาทางระบาดวิทยาในหลายประเทศพบว่าฝุ่นละออง (PM₁₀) มีผลกระทบต่อสุขภาพโดยเฉพาะต่อระบบทางเดินหายใจ การศึกษาพบว่า อาการไอเรื้อรัง หอบหืดอักเสบและการเจ็บป่วยเกี่ยวกับโรคทางเดินหายใจ มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง (PM₁₀) มีผลกระทบต่อทางเดินหายใจส่วนล่าง และสมรรถภาพปอดลดลงในภาวะที่มีปริมาณฝุ่นสูง

นอกจากนี้ฝุ่นละออง (PM₁₀) มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มอัตราการเข้าเป็นผู้ป่วยในด้วยโรคระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจ สรุปว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตายและฝุ่นละออง (PM₁₀)

โชคชัย เมธีไตรรัตน์ (2539) ในด้านผลกระทบต่อสุขภาพ เกิดได้จากการที่คนเราในแต่ละวันหายใจเอาฝุ่นละออง สารเคมี เชื้อโรคซึ่งเกาะอยู่ในรูปอนุภาคแขวนลอย และสารประกอบอินทรีย์ระเหยเข้าไปในทางเดินอากาศหายใจเป็นปริมาณหลายพันล้านหน่วยอนุภาคแขวนลอยเหล่านี้จะไปตกและเกาะอยู่ตามเยื่อปอดตั้งแต่โพรงจมูก ปาก คอหอย กล้องเสียง หลอดลมประธาน หลอดลมใหญ่จนถึงถุงลมปอด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ขนาด ชนิด รูปร่าง และคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของอนุภาคนั้น ๆ โดยทั่วไปอนุภาคแขวนลอยมีขนาดตั้งแต่ 0.001 – 100 ไมโครเมตร อนุภาคขนาด 0.1 – 5 ไมโครเมตร สามารถลอยผ่านส่วนต่างๆ ของทางเดินอากาศหายใจไปเกาะที่เยื่อปอด หลอดลมฝอยส่วนปลาย และถุงลมปอดโดยตรง แต่อนุภาคที่มีขนาดใหญ่มากกว่า 10 ไมโครเมตร มักจะถูกกำจัดโดยสารถัดหลังในโพรงจมูก และช่องทางเดินหายใจส่วนบน

จากการติดตามตรวจวัดคุณภาพอากาศทั่วไปในเขตกรุงเทพมหานครโดย กรมควบคุมมลพิษกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข พบว่าปริมาณอนุภาคแขวนลอยอยู่ในระดับเกินมาตรฐานทั้ง

ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงและเฉลี่ยต่อปี ส่วนฝุ่นละอองที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM₁₀) ที่มีขนาดเล็กพอที่จะหายใจเข้าไปในระบบทางเดินหายใจตอนล่างได้ ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพโดยตรง มีค่าเฉลี่ยต่อปีเกินระดับมาตรฐาน (50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) เป็นเวลา 3 ปีติดต่อกันดังตาราง 2

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ย(Geometric mean) ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM₁₀) ต่อปี หน่วย ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงปี พ.ศ. 2535-2537

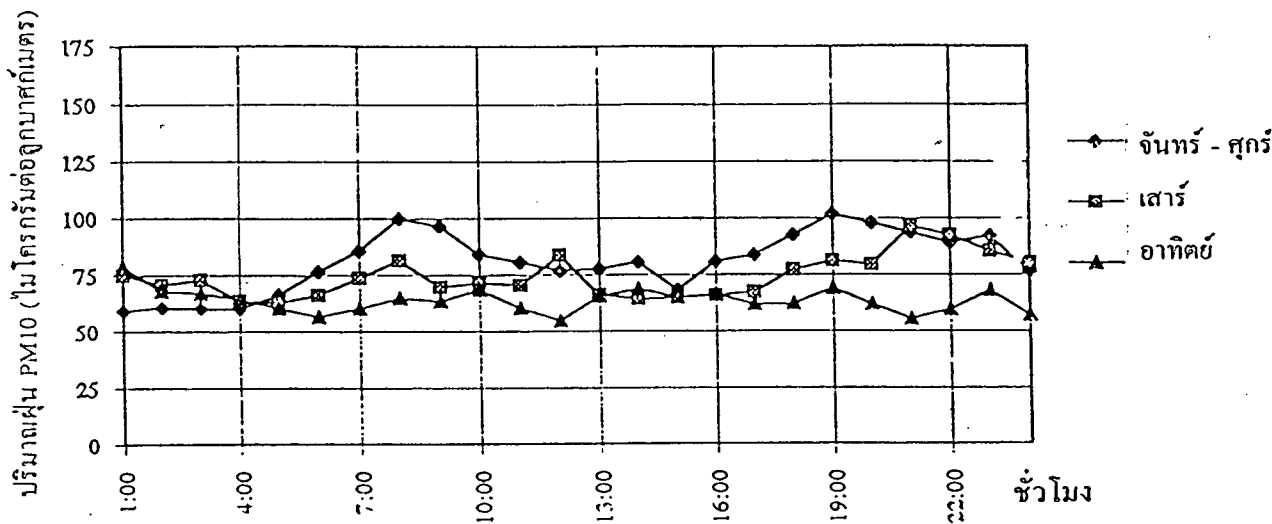
ปี พ.ศ./สถานี	โรงพยาบาล	กระทรวง	กรมการขนส่ง	วงเวียน
	จุฬาฯ	วิทย์ฯ	ทางบก	โอเดียน
2535	64.10	39.36	77.33	54.90
2536	66.86	64.56	120.36	93.78
2537	62.89	63.01	105.44	71.67

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ

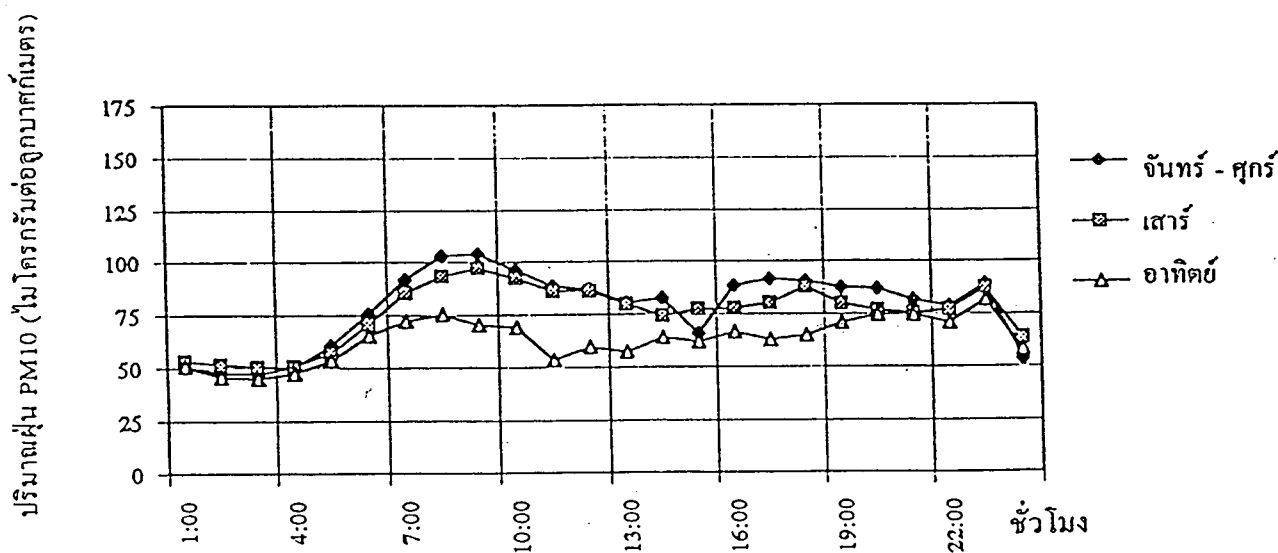
**ค่ามาตรฐาน ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก(PM₁₀) เฉลี่ยต่อปี = 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

และจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของแต่ละเวลาใน 24 ชั่วโมง ของ 2 สถานี จากปี 2537 – 2539 พบว่า

- ค่าเฉลี่ยจากวันจันทร์ถึงวันศุกร์ (ซึ่งเป็นเวลาทำงานและคาดว่าจะมีการจราจรหนาแน่นกว่าวันหยุดงาน) สูงกว่าวันเสาร์และวันอาทิตย์ ภาพ 1 และภาพ 2
- วันอาทิตย์ซึ่งเป็นวันที่มีการจราจรเบาบางที่สุดในสัปดาห์ จะมีค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นต่ำกว่าวันอื่น ๆ
- ในแต่ละวันปริมาณฝุ่น (PM₁₀) จะเริ่มเพิ่มขึ้นในเวลาประมาณ 5.00 น. และจะขึ้นสูงสุดประมาณ 8.00-9.00 น. ในเวลาต่อมาปริมาณจะลดลงเล็กน้อย และคงที่อยู่ในระดับหนึ่งถึง 17.00 น. ปริมาณฝุ่นจะขึ้นสูงสุดอีกทีในเวลา 19.00 – 21.00 น.



ภาพ 1 ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่น PM10 ที่บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ (จันทร – อาทิตย์) พ.ศ. 2538



ภาพ 2 ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่น PM10 ที่บริเวณวงเวียนโอเดียน (จันทร – อาทิตย์) พ.ศ. 2538

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ (2538)

จากการศึกษาโครงการปัญหาฝุ่นละอองผลกระทบต่อสุขภาพ และแนวโน้ม
 เจริญโยบาย ซึ่งทำการศึกษาโดย นันทวรรณ วิจิตรวาทการ และคณะ (2540) ซึ่งการ
 ศึกษาเป็นการศึกษาเพื่อดูผลกระทบของปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) ต่อสุขภาพ
 ของเด็กนักเรียนในกรุงเทพมหานคร โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วนคือ การศึกษาแบบ
 ภาพตัดขวาง (Cross-sectional study) และแบบรูปตัดทางยาว (Longitudinal study) ใน
 การศึกษาแบบภาพตัดขวางทำการศึกษาในตัวอย่างทั้งหมด 1,203 ตัวอย่างจากโรงเรียน 6
 โรงเรียน คือ โรงเรียนสวนลุมพินี โรงเรียนวัดเสมียนนารี โรงเรียนวัดบัวขวัญ โรงเรียน
 วัดหัวลำโพง โรงเรียนวัดประยุรวงศ์ และโรงเรียนบางจาก โดยเก็บข้อมูลจากการ
 สัมภาษณ์ผู้ปกครองเกี่ยวกับประวัติการเจ็บป่วยของเด็กนักเรียน สภาพแวดล้อมของที่พักอาศัย
 และความสูญเสียทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดการเจ็บป่วย ด้วยโรคระบบทาง
 หายใจ และทำการตรวจร่างกาย และตรวจวัดสมรรถภาพปอด ส่วนการศึกษาแบบ
 รูปตัดทางยาว ทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างเดิม จำนวน 160 คน โดยการเก็บข้อมูล
 รายวันเกี่ยวกับอาการระบบทางเดินหายใจ และค่าสมรรถภาพปอด โดยการเป่า Mini
 Wright Peak-flow-meter ติดต่อกันทุกวันเป็นเวลา 56 วัน ผลการศึกษาพบว่าอาการเกี่ยว
 กับระบบทางเดินหายใจเกือบทุกอาการของโรงเรียนในกลุ่มที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาด
 เล็ก (PM_{10}) อยู่ในระดับสูง และปานกลาง มีอัตราสูงกว่าโรงเรียนที่มีปริมาณฝุ่น
 ละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) ในระดับต่ำ เช่น อาการเจ็บคอ ($OR (95\%CI) = 1.8(1.2, 2.6)$
 และ $1.9(1.2, 3.0)$ ตามลำดับ แสบตา ($OR (95\%CI) = 3.0(1.8, 4.9), 2.4(1.4, 4.0)$
 ไอเสมหะ > 3 สัปดาห์ใน 3 ปีที่ผ่านมา ($OR (95\%CI) = 1.7(1.0, 3.1), 1.8(1.1, 1.3)$
 แน่นหน้าอก ($OR (95\%CI) = 3.2(1.9, 5.6), 2.1(1.2, 3.6)$ ส่วนอาการหอบหืดจนถึงต้องเข้า
 โรงพยาบาล มีเพียงกลุ่มที่ได้รับฝุ่นระดับสูงเท่านั้นที่มีอัตราเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญ (OR
 $(95\%CI) = 3.0(0.1, 8.1)$

จากการที่ตรวจพบว่ามีมลพิษในอากาศที่สำคัญ คือ ฝุ่นละออง (Suspended
 Particulate Matter, SPM) สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ โดยความ
 ร่วมมือของประเทศญี่ปุ่น ได้รายงานองค์ประกอบ และที่มาของฝุ่นละออง ด้วยวิธี
 Chemical mass balance ว่ารถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทำให้เกิดฝุ่นละอองร้อยละ 40 เป็น
 ฝุ่นดินร้อยละ 40-50 และเป็นฝุ่นจากอุตสาหกรรม ต่ำกว่าร้อยละ 10 ฝุ่นละอองที่พบใน

เขตกรุงเทพมหานคร พบว่าร้อยละ 60 มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร โดยมีขนาดอยู่ในช่วง 0.6-0 ไมโครเมตร และ 5-7 ไมโครเมตร จะเห็นว่าเป็นฝุ่นที่มีขนาดเล็ก สามารถผ่านเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ และก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพอนามัยได้ เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่า ผลของมลพิษอากาศต่อสุขภาพอนามัยจะมีความรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของมลพิษนั้นๆ ปริมาณที่ร่างกายได้รับ ระยะเวลาที่ได้รับ ความต้านทานของร่างกาย นอกจากนี้สารต่างๆ อาจมีการสร้างเสริมหรือหักล้างซึ่งกันและกัน ซึ่งยากต่อการหาสาเหตุ ผลของมลพิษโดยทั่วไปอาจมีการเปลี่ยนแปลงในร่างกายโดยไม่แสดงอาการ หรือจนกระทั่งปรากฏอาการ และเสียชีวิตได้ แต่ผลของสารต่างๆ เหล่านั้น อาจเกิดขึ้นทันทีทันใดก็ได้ หรือ ให้ผลต่อเนื่องจนเกิดเป็นโรคเรื้อรัง เช่น มะเร็งปอด ในส่วนของฝุ่นละอองที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ มักจะทำให้เกิดความระคายเคืองของอวัยวะทางเดินหายใจตอนต้น แต่ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่าจะเป็นตัวสำคัญที่มีผลเสียต่อสุขภาพมาก เนื่องจากสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่างได้ และสารบางชนิดซึ่งติดไปกับฝุ่นละออง และมีความสามารถละลายน้ำได้ก็จะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิต และก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2535)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

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 positive bacilli, Gram positive coccobacilli, Non-pathogenic *E. coli*, Non-pathogenic *Staphylococcus*, Diphtheroid นอกจากนี้ยังพบพวกเชื้อราอีสต์ อีกด้วย

จุมพล ศิริสวัสดิ์ (2535) ได้ทำการศึกษารวมเรื่องคุณภาพอากาศนอกรอาคารที่เกี่ยวกับฝุ่นละออง สรุปว่าฝุ่นละอองภายนอกอาคาร และภายในอาคาร จะประกอบด้วย ฝุ่นละอองที่มีชีวิต ได้แก่ แบคทีเรีย ไวรัส ฟังไจ สปอร์ของพืช และละอองเกสรดอกไม้ แตกต่างกันไป ซึ่งแสดงตัวอย่างในตาราง 3

ตาราง 3 สัดส่วนของสปอร์ฟังไจ 10 ชนิด ระหว่างภายในกับภายนอกอาคาร*

Fungus	Rang of Indoor - outdoor	Studies in which ratio reported		Total studies
		Ratio reported was :		
		<100%	>100%	
<i>Penicillium</i>	29 – 56	4	4	8
<i>Cladosporium</i>	0.3 – 26	7	0	7
<i>Aspergillus</i>	24 – 138 ^a	4	2	6
<i>Hormodendron</i>	18 – 20	2	0	2
<i>Mycelia aterilid^b</i>	24 – 30	2	0	2
Mucor	90 – 300 ^c	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)

^aRang dose not include an instance in which *Aspergillus* was found indoors but not outdoors ; ratio would approach infinity

^bThe majority of these organisms are in the family Deutomycetes.

^cRang does not include two instances in which *Mucor* was found indoors but not outdoor ; ratio would approach infinity.

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

Yu and Ling (1994) ได้ศึกษาปริมาณของแบคทีเรียในสถานที่ต่าง ๆ โดยใช้ผลรวมค่าเฉลี่ยของจำนวนแบคทีเรียในสถานที่ต่างๆ ตามกิจกรรมการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ ดังตาราง 4 พบว่า แบคทีเรียในบรรยากาศมาจากมลภาวะของอากาศภายในอาคาร และภายนอกอาคาร

ตาราง 4 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

^aSample after rain

ในประเทศไทยเวชภัณฑ์ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานความปลอดภัยของแบคทีเรียในอากาศ (air bacteria hygienic standards) ภายในอาคารสถานที่สาธารณะต่างๆ เช่น ในโรงพยาบาลไม่ควรมียจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (total bacteria number) เกิน 4,000 ต่อลูกบาศก์เมตร (ตาราง 5)

ตาราง 5 ค่ามาตรฐานของแบคทีเรียในอากาศ (air bacteria hygienic standards) ในประเทศไทยเวชภัณฑ์ (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

นอกจากนี้ในประเทศไทยยังได้กำหนดมาตรฐานความปลอดภัยของแบคทีเรียของอากาศภายในอาคาร โดยหาความสัมพันธ์ของแบคทีเรีย อนุภาคต่างๆ เช่น ฝุ่น และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งทำการเพาะเชื้อแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 วัน และนำมานับจำนวนแบคทีเรียโดยตรง ดังตาราง 6

ตาราง 6 ค่ามาตรฐานแบคทีเรียในอากาศในประเทศญี่ปุ่น (air bacteria – hygienic standards) (จำนวน แบคทีเรีย/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 และภายในอาคารไว้ดังนี้

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

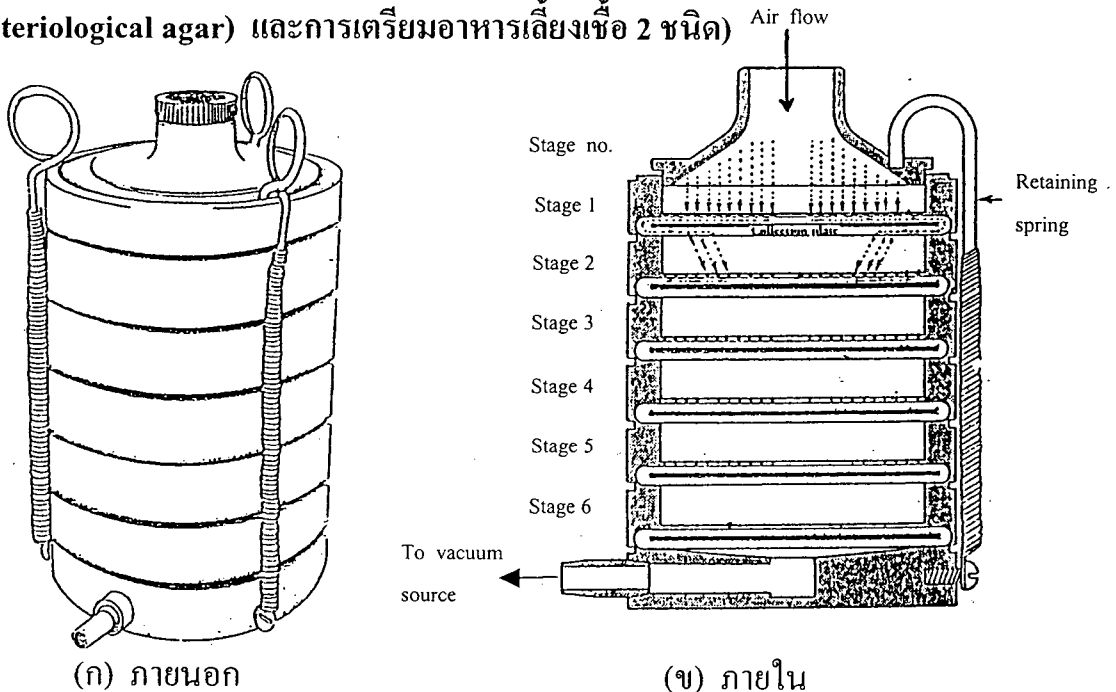
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัยและอุปกรณ์

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องมือเก็บแบคทีเรียในอากาศและอาหารเลี้ยงเชื้อ

เครื่องมือที่ใช้เก็บเชื้อในอากาศคือ Andersen air sampler 6 ชั้น (Andersen 2000 INC) แต่ละชั้นสามารถแยกขนาดของฝุ่นที่เก็บได้ (โครงสร้างภายนอกและภายใน ภาพ 3 ก และ ข) ต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศควบคุมอัตราการไหลของอากาศเข้าภายใน เครื่องที่ 28.3 ลิตรต่อนาที ภาพอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้คือ Plate Count Agar (PCA, Difco, USA) สำหรับเป็นอาหารเพาะเชื้อสำหรับนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (Total viable count) และ Blood Agar (BA, Difco, USA) เป็นอาหารเพาะเชื้อที่เติมเม็ดเลือดแดงร้อยละ 7 สำหรับเพาะเชื้อสกุล Staphylococcus และ Streptococcus ที่สามารถย่อยสลายเม็ดเลือดแดงได้ (ภาคผนวก : เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และชนิดอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ bacteriological agar) และการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด)



ภาพ 3 โครงสร้างภายนอกและภายในของ Viable microbial particle sizing samplers (Andersen Sampler. 2000 INC)

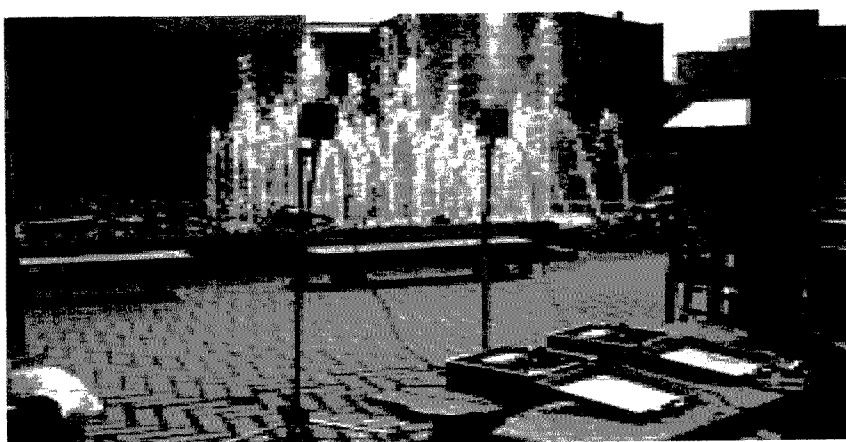
สถานที่เก็บและจำนวนตัวอย่าง

สถานที่เก็บตัวอย่างในการศึกษานี้มี 2 แห่ง คือ ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ ซึ่งตั้งอยู่บริเวณหน้าตึก ภปร. โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ (CU) และบริเวณวงเวียนโอเดียน (OD)

ภาพ 4 เขวราชจำนวนตัวอย่างอากาศที่เก็บทั้งสองบริเวณนั้นมีจำนวนบริเวณละ 80 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 160 ตัวอย่าง โดยเริ่มทำการเก็บตัวอย่างตั้งแต่ตุลาคม 2540 - มกราคม 2541



ตึก ภปร. โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ (CU)

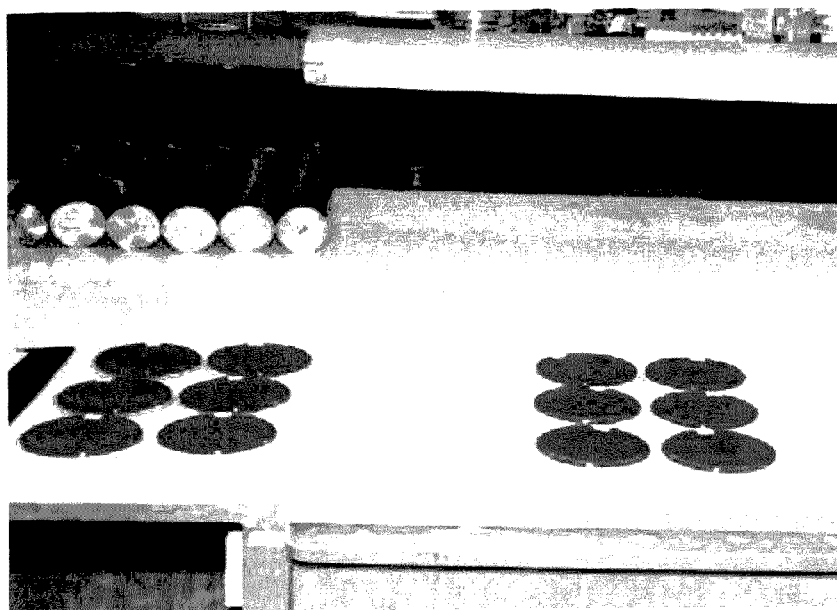


วงเวียนโอเดียน (OD)

ภาพ 4 สถานที่เก็บตัวอย่างทั้ง 2 บริเวณ

การเก็บตัวอย่างอากาศ

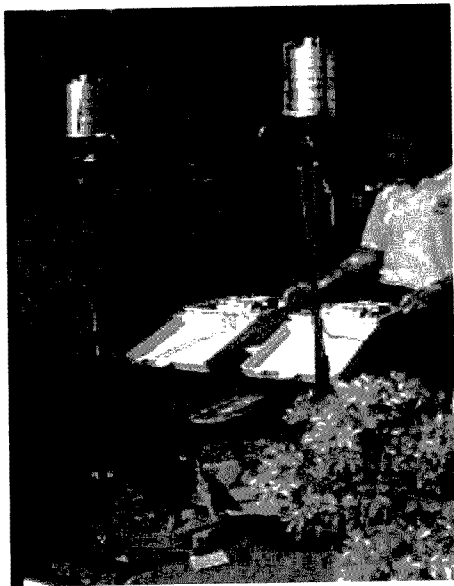
ใช้ 70% Isopropyl alcohol ทำความสะอาดเครื่องมือทุกส่วนก่อนทำการเก็บตัวอย่างและหลังจากใช้เครื่องไปแล้ว 3 - 4 วัน นำเครื่องมือไปทำให้ปราศจากเชื้อทุกครั้ง และผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตทุกครั้งก่อนบรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อนำไปเก็บตัวอย่างงานอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA (ใส) และ BA (แดง) วางบนชั้นแต่ละชั้นทั้ง 6 ชั้น ภาพ 5 โดยแยกอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดละ 1 ชุด ต่อเครื่องมือ 1 ชุด ซึ่งขณะที่ใส่จานเลี้ยงเชื้อในเครื่องมือ ต้องทำในห้องปราศจากเชื้อและลงไฟฆ่าเชื้อทุกครั้ง แล้วนำเครื่องมือแต่ละชุดหุ้มด้วยถุงพลาสติกสะอาดทุกครั้ง นำไปตั้งเก็บตัวอย่างที่แหล่งเก็บตัวอย่าง โดยตั้งเครื่องมือเก็บตัวอย่าง Andersen ทั้ง 2 เครื่อง ที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชนิดไว้ที่จุดเดียวกัน โดยมีระยะห่างกันประมาณ 0.5 เมตร และอยู่สูงจากพื้นดิน 15 เมตร ทั้ง 2 แห่ง ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง อย่างละ 7 นาทีต่ออาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชนิด (ภาพ 6 ก ข และ ค) ซึ่งเก็บในช่วงเวลา 9.00 - 12.00 น. ของทุกวันติดต่อกันเป็นเวลา 80 วัน (80 ตัวอย่าง) ของแต่ละบริเวณ



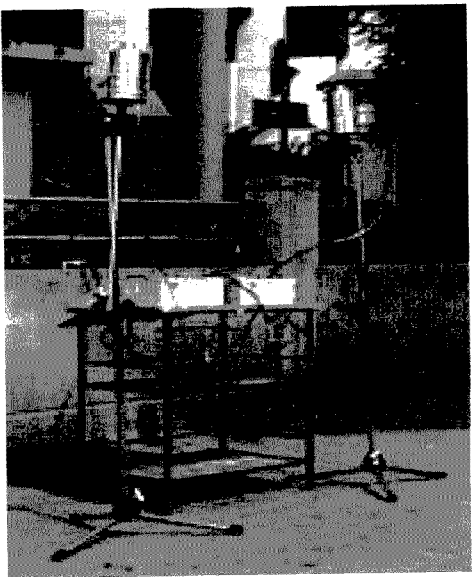
ภาพ 5 งานอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA (ใส) และ BA (แดง)



ก



ข

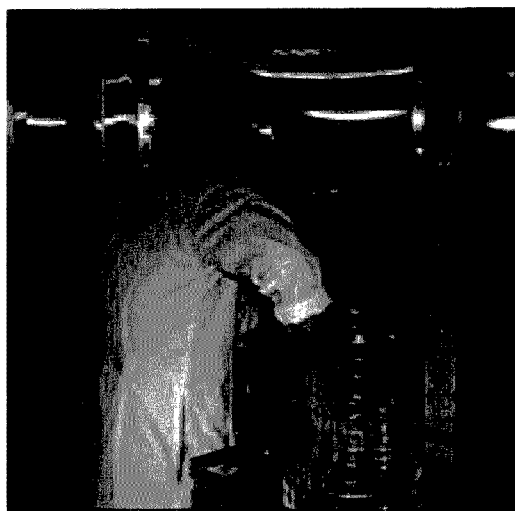


ค

ภาพ 6 การจัดตั้งเครื่องมือเก็บอากาศ

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณและประเภทเชื้อแบคทีเรีย

หลังจากเสร็จสิ้นการเก็บตัวอย่างอากาศ นำตัวอย่างอากาศที่เก็บบน PCA และ BA จากแต่ละแห่งกลับมาห้องปฏิบัติการ บ่มที่ตู้บ่มเชื้อที่ 37° ซ. เป็นเวลา 18 - 24 ชั่วโมง (ภาพ 7 ก และ ข) นับจำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียที่เจริญบน PCA และ BA และรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อปริมาตรอากาศหนึ่งลูกบาศก์เมตรหรือ CFU/m³ การจำแนกชนิดของแบคทีเรียที่ขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อใช้คุณลักษณะการสลายเม็ดเลือดแดงของเชื้อบน BA (จำแนกเป็น α - , β - , หรือ γ - hemolytic) และศึกษารูปร่างการเรียงตัว และการย้อมติดสีแกรมของเชื้อ



ภาพ 7 การเก็บและบ่มเชื้อ

สูตรการคำนวณหาจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์

ปริมาตรอากาศทั้งหมด = 28.23 x จำนวนเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

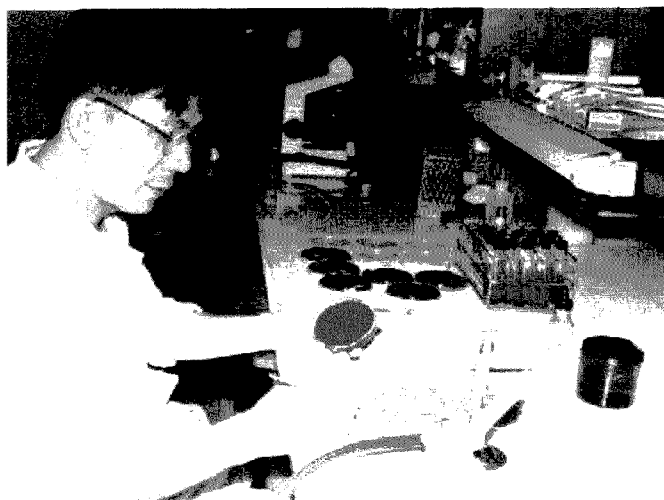
จำนวนโคโลนีต่ออากาศ = $\frac{\text{จำนวนโคโลนีที่นับในจานเลี้ยงเชื้อ} \times 1000}{\text{ปริมาตรอากาศทั้งหมด}}$

1 ลูกบาศก์เมตร

ปริมาตรอากาศทั้งหมด

การวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรีย ทำได้โดย

1. สังเกตลักษณะโคโลนีที่เจริญบน blood agar (BA) โดยดูขนาด รูปร่าง ผิว ขอบ สี ความโปร่งใส เนื้อ กลิ่น และการสลายเม็ดเลือดแดง แล้วบันทึกผล ภาพ 8



ภาพ 8 โคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ BA

2. ทำการย้อม Gram stain โดยหยดน้ำเกลือ 1 หยดบนสไลด์ ใช้เข็มหรือ loop เขี่ยเชื้อจากโคโลนีที่ได้สังเกตลักษณะในข้อ 1 แล้วมา emulsify ในหยดน้ำเกลือจนเป็นเนื้อเดียวกัน ให้เขี่ยเชื้อจากโคโลนีเดียวเท่านั้น เมื่อ smear เรียบร้อยแล้ว ให้ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งเองที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำไปลบบนเปลวไฟโดยผ่านไปมา 3 – 4 ครั้ง โดยใช้มือจับสไลด์ (fixing) และทิ้งไว้ให้เย็นก่อน นำไปย้อมสีแกรม (Gram stain) โดยนำสไลด์ที่ป้ายและตรึงไว้เรียบร้อยแล้วมาย้อมสีตามขั้นตอนต่อไปนี้ ภาพ 9 และภาคผนวก : ตารางเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

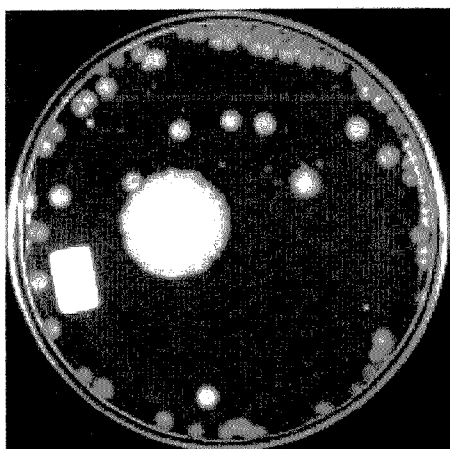


ภาพ 9 การย้อมสีแกรมเชื้อแบคทีเรีย

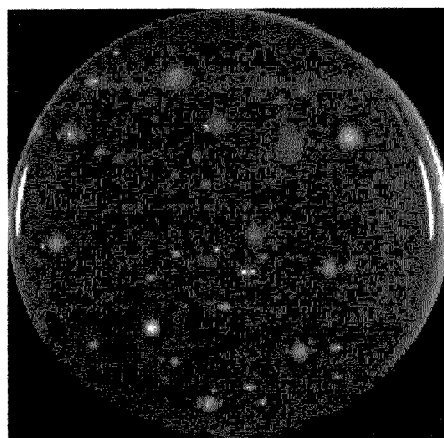
- ก. หยด gentian violet นาน $\frac{1}{2}$ - 1 นาที
 - ข. ล้างด้วยน้ำ
 - ค. หยด Gram iodine นาน 1 นาที เพื่อให้สี gentian violet ติดแน่นขึ้น
 - ง. ล้างด้วยน้ำ
 - จ. เติมน้ำ 40 องศา ค่อยๆ เทแอลกอฮอล์นาน 10 วินาที หรือจนไม่มีสีหลุดออกมาอีก (decolorization)
 - ฉ. ล้างด้วยน้ำ
 - ช. Counterstain ด้วย safranin O นาน $\frac{1}{2}$ นาที แล้วล้างด้วยน้ำ
 - ซ. ซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู และนำไปดูด้วยกล้องจุลทรรศน์
3. การดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic examination) ดูด้วยเลนส์กำลังขยายต่ำ (10 x) ก่อน และเปลี่ยนเป็นกำลังขยายสูง (100 x) ซึ่งใช้ oil immersion จากนั้นบันทึกผลวาดภาพที่เห็นในกล้อง ภาพ 10 โดยสังเกตดู รูปร่าง ขนาด การเรียงตัว การติดสีแกรมของแบคทีเรียที่ปรากฏนั้น (ภาพ 11 ก - ค)



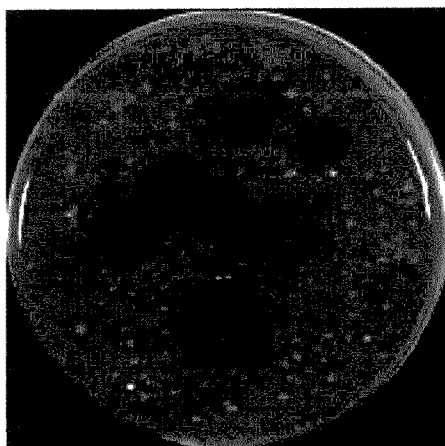
ภาพ 10 ศึกษาแบคทีเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์



ก. แบคทีเรียเจริญ บน PCA



ข. แบคทีเรียเจริญบน BA



ค. ปฏิกริยาละลายเม็ดเลือดแดง (Hemolytic) ของแบคทีเรียบน BA

ภาพ 11 การเจริญของเชื้อแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อทั้ง 2 ชนิด (PCA และ BA) (ก - ค)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้สถิติเชิงพรรณนา เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการกระจายของปริมาณและชนิดของแบคทีเรีย โดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย มัชฌิมเรขาคณิต พิสัย นำเสนอในรูปแบบตาราง และการบรรยาย และใช้สถิติเชิงวิเคราะห์ หาค่าความสัมพันธ์ของปริมาณ และชนิดของแบคทีเรีย กับปริมาณฝุ่นละออง PM10 โดยใช้ T-test, F-test ทดสอบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณและประเภทแบคทีเรียที่มีในตัวอย่างอากาศนอกอาคาร

ตัวอย่างอากาศภายนอกอาคาร บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และวงเวียนโอเดียน รวม 160 ตัวอย่าง พบแบคทีเรียบน PCA และ BA ทุกตัวอย่างอากาศ (ร้อยละ 100) ตัวอย่างอากาศบริเวณวงเวียนโอเดียน มีค่าพิสัยปริมาณแบคทีเรียบน PCA ตั้งแต่ 1.3×10^2 ถึง 3.8×10^3 CFU/m³ ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต 5.1×10^2 CFU/m³ และบน BA ตั้งแต่ 9.5×10^2 – 2.1×10^3 CFU/m³ ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต 3.5×10^3 CFU/m³ ซึ่งค่าเฉลี่ยเรขาคณิตนี้สูงกว่าบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ซึ่งมีแบคทีเรียบน PCA 5.6×10^2 – 2.7×10^3 CFU/m³ ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต 3.5×10^2 CFU/m³ และบน BA 4×10^2 – 1.6×10^3 CFU/m³ ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต 2.6×10^2 CFU/m³ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เมื่อทำการวิเคราะห์กลุ่ม หรือประเภทของแบคทีเรียบนอาหารเลี้ยงเชื้อเสริมเลือด (blood agar) จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 80 ตัวอย่าง เพื่อดูกลุ่มแบคทีเรียที่มีปฏิกิริยาละลายเม็ดเลือดแดง (hemolysis) และที่ไม่มีปฏิกิริยาละลายเม็ดเลือดแดง (non hemolysis) ดังแสดง ตาราง 7 พบว่า ที่บริเวณวงเวียนโอเดียนตรวจพบจำนวนตัวอย่างที่พบว่ากลุ่มที่มีปฏิกิริยาละลายเม็ดเลือดแดง 79 ตัวอย่าง หรือร้อยละ 98.8 ซึ่งมีปริมาณแบคทีเรียในกลุ่มนี้ตั้งแต่ 5.0 ถึง 7.8×10^2 ซีเอฟยู/ม³ ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต 5.5×10^1 ซีเอฟยู/ม³ และกลุ่มที่ไม่มีปฏิกิริยาละลายเม็ดเลือดแดง 80 ตัวอย่าง หรือร้อยละ 100 ซึ่งมีค่าปริมาณแบคทีเรียในกลุ่มนี้ตั้งแต่ 7×10^2 ถึง 2×10^3 ซีเอฟยู/ม³ ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต 3×10^2 ซีเอฟยู/ม³ สำหรับที่บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ตรวจพบจำนวนตัวอย่างที่มีปฏิกิริยาการละลายเม็ดเลือดแดง 79 ตัวอย่าง หรือร้อยละ 98.8 ซึ่งมีปริมาณแบคทีเรียตั้งแต่ 5.0 ถึง 1×10^3 ซีเอฟยู/ม³ ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต 3.4×10^2 ซีเอฟยู/ม³ และกลุ่มที่ไม่มีปฏิกิริยาการละลายเม็ดเลือดแดง 80 ตัวอย่าง หรือร้อยละ 100 ซึ่งมีค่าปริมาณแบคทีเรียตั้งแต่ 5.0 ถึง 1.4×10^3 ซีเอฟยู/ม³ ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต 2×10^2 ซีเอฟยู/ม³ ซึ่งเห็นว่าบริเวณวงเวียน

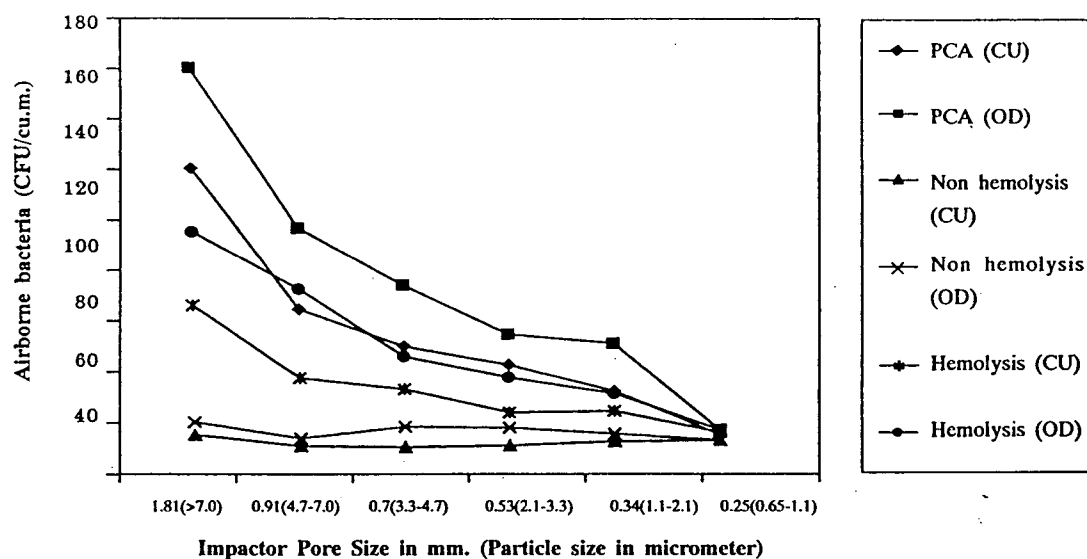
โอเดียน มีค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของปริมาณแบคทีเรียทั้งในกลุ่มที่มีและไม่มีปฏิกิริยา การสลายเม็ดเลือดแดงสูงกว่าบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตาราง 7 Number (%) and total bacteria count on BA of air samples with Hemolysis and non hemolysis from Chulalongkon Hospital (CU) and Odean circle (OD)

Area	total Samples	Hemolysis on BA					
		positive			negative		
		Number (%)	Range	Geometric mean	Number (%)	Range	Geometric mean
CU	80	79(98.8)	$5.0 - 1.0 \times 10^2$	3.4×10	80(100)	$5.0 - 1.4 \times 10^3$	2×10^2
				*			**
OD	80	79(98.8)	$5.0 - 7.8 \times 10^2$	5.5×10	80(100)	$7 \times 10 - 2 \times 10^3$	3×10^2
P-value				* $p = 0.009$		** $p = 0.002$	

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณและประเภทของแบคทีเรียในอากาศนอกอาคารที่ลำดับชั้นกรองต่าง ๆ

ภาพ 12 แสดงชนิดและปริมาณของแบคทีเรียที่ลำดับชั้นกรองต่างๆ ตั้งแต่ชั้นกรองที่ 1 – 6 ซึ่งพบแบคทีเรียบน PCA และ BA ได้ทุกลำดับชั้นทั้ง 2 บริเวณ แต่ปริมาณแบคทีเรียที่วงเวียนโอเดียน สูงกว่าบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ เมื่อนำมาแยกขนาดตามลำดับชั้นกรอง 6 ช่วงขนาด (ภาคผนวก : หลักการของเครื่องมือ Andersen. 2000 INC) พบว่า มีการกระจายตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ทั้ง 2 บริเวณ โดยแบคทีเรียส่วนมากพบใน 4 ช่วงขนาดของอนุภาคฝุ่น คือที่ 7.0, 4.7, 3.3 และ 2.1 ไมโครเมตรตามลำดับ



ภาพ 12 Geometric means of total bacteria count on plate count agar (PCA) and blood agar (BA) on 6 – stage Andersen Sampler of outdoor air samples collected from Chulalongkorn Hospital (CU) and Odean Circle (OD)

เมื่อแยกประเภทแบคทีเรีย ชนิด cocci และ bacilli ในแต่ละลำดับชั้นกรอง (Six Stage Andersen Sampler 2000) สามารถพบแบคทีเรียได้ 3 กลุ่ม คือ cocci, bacilli, cocci และ bacilli กลุ่ม cocci ที่บริเวณ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และวงเวียนโอเดียนพบในปริมาณแบคทีเรียใกล้เคียงกันมาก และพบในลำดับชั้นกรองล่างที่ชั้นกรอง 5 และ 6 มากกว่าชั้นกรองอื่น ๆ กลุ่ม bacilli ที่เป็นบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ พบจำนวนตัวอย่างใกล้เคียงกันในทุกลำดับชั้นกรอง ตั้งแต่ชั้นกรอง 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เท่ากับ 20, 24, 29, 23, 25 และ 24 ตามลำดับ ส่วนบริเวณวงเวียนโอเดียนตั้งแต่ชั้นกรองที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 พบจำนวนตัวอย่าง ที่ใกล้เคียงกันเท่ากับ 13, 14, 20, 22, 21 และ 25 ตามลำดับ กลุ่ม cocci และ bacilli ที่บริเวณวงเวียนโอเดียนตั้งแต่ลำดับชั้นกรองที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 พบจำนวนตัวอย่างเท่ากับ 66, 61, 48, 50, 43 และ 18 ตามลำดับ ซึ่งมีจำนวนตัวอย่างสูงกว่าของบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ในลำดับชั้นกรองเดียวกันเท่ากับ 59, 52, 44, 45, 26 และ 11 ตามลำดับ ดังตาราง 8 ดังนั้นประเภทแบคทีเรียชนิด cocci และ bacilli ในลำดับชั้นกรองแต่ละชั้นนั้น พบว่า ทุกลำดับ

ประเภทแบคทีเรียชนิด cocci และ bacilli ในลำดับชั้นกรองแต่ละชั้นนั้น พบว่า ทุกลำดับชั้นกรองพบ พวก cocci หรือ พวก bacilli หรือ cocci และ bacilli ซึ่งแต่ละบริเวณพบปริมาณที่ใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะในแต่ละลำดับชั้นกรองที่พบพวก cocci หรือ พวก bacilli อย่างเดียว นอกจากนี้ในลำดับชั้นกรองล่าง ๆ ชั้นที่ 5 และ 6 พบ cocci ในจำนวนตัวอย่างมากกว่าชั้นกรองบน ๆ

ตาราง 8 Number (%) of outdoor air samples positive for cocci, bacilli bacteria in six stages Andersen sampler 2000 at Chulalongkorn Hospital (CU) and Odean circle (OD)

Six stages number	Number (%) of air samples positive for bacteria					
	cocci		bacilli		cocci และ bacilli	
	CU	OD	CU	OD	CU	OD
1	1	1	20	13	59	66
(7.0 - 7.0)	(1.3)	(1.3)	(25.0)	(16.3)	(73.8)	(82.5)
2	4	4	24	14	52	61
(4.7 – 7.0)	(5)	(5)	(30)	(17.5)	(65.0)	(76.3)
3	5	5	29	20	44	48
(3.3 – 4.7)	(6.3)	(6.3)	(36.3)	(25.0)	(55.0)	(60.0)
4	9	7	23	22	45	50
(2.1 – 3.3)	(11.3)	(8.8)	(28.8)	(27.5)	(56.3)	(62.5)
5	12	16	25	21	26	43
(1.1 – 2.1)	(15.0)	(20.0)	(31.3)	(26.3)	(32.5)	(53.8)
6	10	11	24	25	11	18

จำนวนตัวอย่างทั้งหมดของแต่ละลำดับชั้นกรองรวม 80 ตัวอย่าง ของแต่ละบริเวณ

การวิเคราะห์ Streptococcus และ Staphylococcus ในตัวอย่างอากาศนอกอาคาร

เมื่อทำการแยกประเภทและสกุลของแบคทีเรียที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศทั้ง 2 บริเวณ โดยใช้ปฏิกิริยาการสลายเม็ดเลือดแดงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ BA พร้อมสังเกตลักษณะโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อ การย้อมสีแกรม และลักษณะรูปร่างการเรียงตัวของกล้องจุลทรรศน์ พบว่าบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์มีแบคทีเรียพวก α - hemolysis, β - hemolysis, γ - hemolysis ในตัวอย่างอากาศร้อยละ 53.8, 83.8 และร้อยละ 100 ตามลำดับ พบแบคทีเรีย β - hemolysis ประเภทแกรมบวก ร้อยละ 70.1 และ γ - hemolysis ประเภทแกรมบวกและลบมากที่สุดร้อยละ 90 ส่วนที่บริเวณวงเวียนโอเดียนมีจำนวนแบคทีเรีย ในตัวอย่างอากาศพวก α - hemolysis, β - hemolysis และ γ - hemolysis เท่ากับร้อยละ 52.5, 92.5 และ 100 ตามลำดับ มีแบคทีเรียพวก β - hemolysis ประเภทแกรมบวก ร้อยละ 55.4 และ γ - hemolysis ประเภทแกรมบวกและลบมากที่สุด ร้อยละ 88.8 ตาราง 9

ตาราง 9 Number (%) of outdoor air samples positive for Gram positive and negative bacteria from Chulalongkorn Hospital (CU) and Odean Circle (OD)

Number (%) of air samples positive for bacteria								
Type of bacteria	CU				OD			
	Total	Gram+	Gram-	Gram+/-	Total	Gram+	Gram-	Gram+/-
α - hemolysis	43 (53.8)	36 (83.7)	1 (2.3)	6 (14.0)	42 (52.5)	25 (59.5)	3 (7.2)	14 (33.3)
β - hemolysis	67 (83.8)	47 (70.1)	1 (1.5)	19 (28.4)	74 (92.5)	41 (55.4)	-	33 (44.6)
γ - hemolysis	80 (100)	8 (100)	-	72 (90.0)	80 (100)	8 (11.3)	-	71 (88.8)

ในแต่ละตัวอย่างพบประเภทแบคทีเรียที่มีรูปร่าง cocci และ/หรือ bacilli และชนิดแกรมบวกและ/หรือแกรมลบ สำหรับ *Streptococcus* และ *Staphylococcus spp.* ในตัวอย่างอากาศและสามารถแยกได้ตามคุณสมบัติการย่อยสลายเม็ดเลือดแดงบน (Blood agar) BA ได้เป็น α , β และ γ พบตัวอย่างที่มีปนเปื้อน *Streptococcus* และ *Staphylococcus* ชนิด γ - hemolysis ทั้งบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ (CU) ร้อยละ 72.5, 71.3 และวงเวียนโอเดียน (OD) ร้อยละ 58.8, 81.3 มากที่สุด ตาราง 10

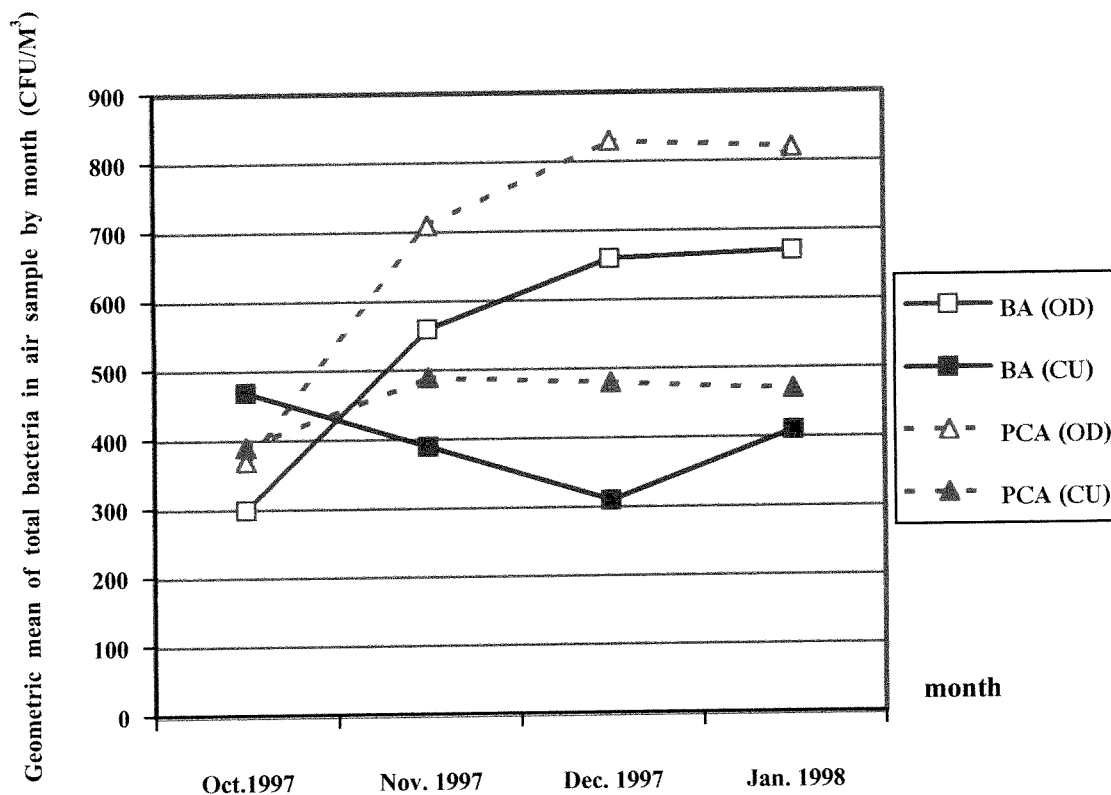
ตาราง 10 Number (%) of outdoor air samples positive for *Streptococcus* and *Staphylococcus* on blood agar (BA) collected from Chulalongkorn Hospital (CU) and Odean Circle (OD)

Bacteria	CU	OD
	n (%)	n (%)
<i>Streptococcus spp.</i>		
α - hemolytic <i>Streptococcus</i>	17 (21.3)	12 (15)
β - hemolytic <i>Streptococcus</i>	4 (5)	13 (16.3)
γ - hemolytic <i>Streptococcus</i>	58 (72.5)	47 (58.8)
<i>Staphylococcus spp.</i>		
α - hemolytic <i>Staphylococcus</i>	2 (2.5)	5 (6.3)
β - hemolytic <i>Staphylococcus</i>	13 (16.3)	16 (20)
γ - hemolytic <i>Staphylococcus</i>	57 (71.3)	65 (81.3)

ปริมาณแบคทีเรียในตัวอย่างอากาศนอกอาคารตามรายเดือน

เมื่อพิจารณาปรับแบคทีเรียในอากาศเป็นรายเดือนที่บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และวงเวียนโอเดียน พบว่า บน PCA ปริมาณแบคทีเรียในอากาศบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ มีปริมาณต่ำกว่าประมาณ 2 เท่าของบริเวณวงเวียนโอเดียนในแต่ละเดือน ยกเว้นเดือนตุลาคม สำหรับบน BA ก็มีผลเช่นเดียวกัน คือ บริเวณโอเดียนมี

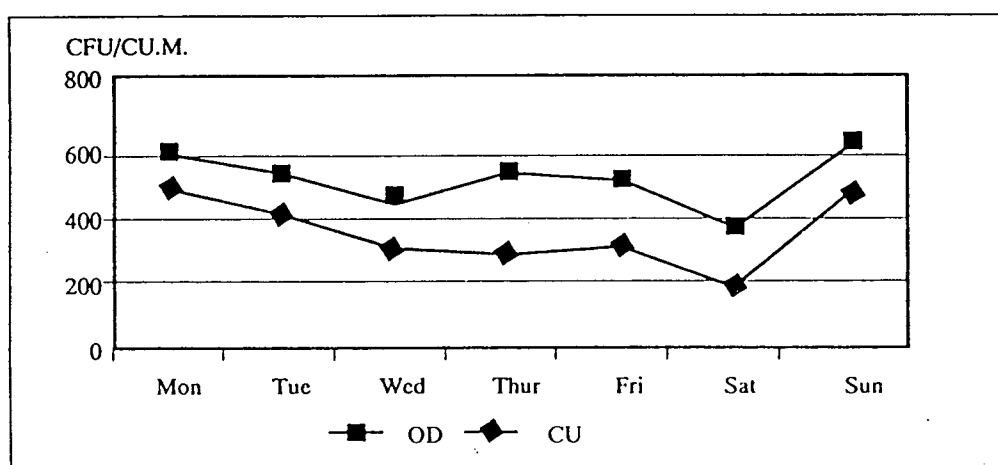
ปริมาณแบคทีเรียสูงกว่าประมาณ 2 เท่าของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ยกเว้นเดือนตุลาคม และยังพบว่าปริมาณแบคทีเรียบน PCA และ BA ในแต่ละเดือนไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง แต่ตรงกันข้ามบริเวณวงเวียนโอเคียน พบว่า ปริมาณแบคทีเรียบน PCA และ BA ในแต่ละเดือนมีแนวโน้มสูงขึ้น ภาพ 13



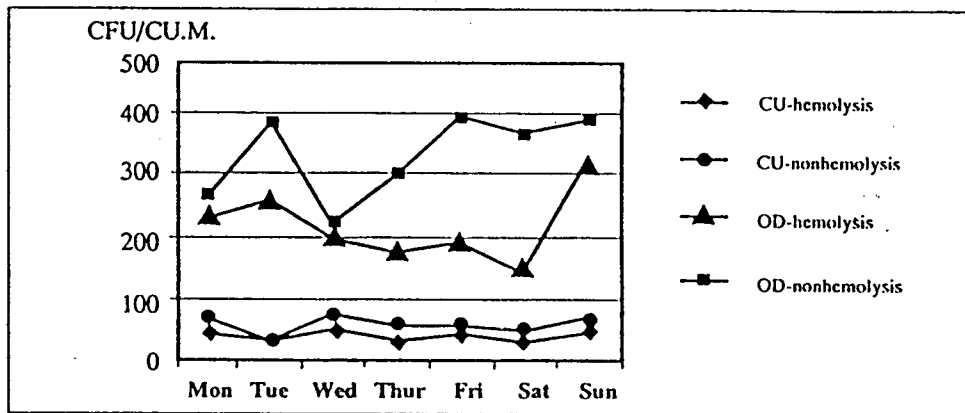
ภาพ 13 Geometric mean of total bacteria count (PCA) from Chulalongkorn Hospital PCA(CU), Odean Circle PCA(OD) and Blood agar (BA) from Chulalongkorn Hospital BA(CU), Odean Circle BA(OD) by month from October 1997 to January 1998

ปริมาณแบคทีเรียในตัวอย่างอากาศนอกอาคารตามวันในสัปดาห์

เมื่อพิจารณาปริมาณแบคทีเรียในอากาศเป็นรายวัน ที่บริเวณ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และวงเวียนโอเดียน พบว่า บริเวณ PCA ปริมาณแบคทีเรียในอากาศที่บริเวณ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ มีปริมาณต่ำกว่า บริเวณวงเวียนโอเดียนทุกวัน แต่เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายวันทั้ง 2 บริเวณ พบว่า วันอาทิตย์ และวันจันทร์ มีปริมาณแบคทีเรียในอากาศสูงสุด และมีปริมาณใกล้เคียงกัน วันอังคาร วันพุธ วันพฤหัสบดี และวันศุกร์ มีปริมาณแบคทีเรียใกล้เคียงกัน ส่วนวันเสาร์มีปริมาณแบคทีเรียต่ำที่สุด สำหรับบน BA แบคทีเรียในกลุ่มที่สลายเม็ดเลือดแดงนั้นพบปริมาณแบคทีเรียที่บริเวณ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ในแต่ละวันไม่แตกต่างกันนักแต่สำหรับบริเวณวงเวียน โอเดียนนั้นพบปริมาณแบคทีเรียสูงขึ้นในวันอังคารและค่อย ๆ ลดลง ในวันเสาร์พบปริมาณแบคทีเรียต่ำที่สุด และสูงสุดในวันอาทิตย์ ส่วนในกลุ่มที่ไม่สลายเม็ดเลือดแดง พบว่า ที่บริเวณ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ปริมาณแบคทีเรียในแต่ละวันไม่แตกต่างกันมากเช่นเดียวกับที่พบในกลุ่มที่สลายเม็ดเลือดแดง แต่บริเวณวงเวียนโอเดียนนั้นพบปริมาณแบคทีเรียที่ไม่สลายเม็ดเลือดแดงสูงในวันอังคาร วันศุกร์ วันเสาร์ และวันอาทิตย์ และแบคทีเรียกลุ่มนี้พบสูงกว่ากลุ่มสลายเม็ดเลือดแดงและสูงกว่าปริมาณแบคทีเรียที่พบบริเวณจุฬาลงกรณ์ ดังแสดงในภาพ 14 และภาพ 15



ภาพ 14 Geometric means of total bacteria count on PCA of air sample collected from Chulalongkorn Hospital (CU) and Odean Circle (OD), by day of the week from October 1997 to January 1998



ภาพ 15 Geometric means of total bacteria count on BA of air samples collected from Chulalongkorn Hospital (CU) and Odean Circle (OD), by day of the week from October 1997 to January 1998

เมื่อพิจารณาการปนเปื้อนแบคทีเรียในตัวอย่างอากาศนอกอาคารบน PCA ที่ระดับ 10 , 10^2 , และ 10^3 CFU/m³ พบจำนวนตัวอย่างอากาศที่มีการปนเปื้อนแบคทีเรียในระดับ 10^2 CFU/m³ มากที่สุด ร้อยละ 86.3 ที่โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และ ร้อยละ 76.2 ที่วงเวียนโอเดียน รองลงมาเป็นระดับ 10^3 CFU/m³ พบร้อยละ 10 และร้อยละ 23.8 ตามลำดับ และพบว่าการปนเปื้อนแบคทีเรียที่บริเวณวงเวียนโอเดียนมากกว่าที่โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p < 0.05$) ตาราง 11

ตาราง 11 Levels of bacteria count of air samples collected from Chulalongkorn Hospital (CU) and Odean Circle (OD) (N = 80)

Total bacteria count (CFU/m ³)	CU n (%)	OD n (%)
10	3 (3.7)	0
10 ²	69 (86.3)	61 (76.2)
10 ³	8 (10.0)	19 (23.8)
Geometric mean (CFU/m ³)	355.4	504.2

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จุลินทรีย์ในอากาศภายนอกอาคารนั้นมีปริมาณและชนิดต่างๆ มากมาย ซึ่งอาจมาจากแหล่งต่างๆ กัน ในธรรมชาติ เช่น พื้นดิน น้ำ พืช สัตว์ และคน การกระจายตัวของจุลินทรีย์ในอากาศภายนอกนั้นแตกต่างกันในแต่ละแห่ง จากการศึกษาครั้งนี้ พบตัวอย่างอากาศภายนอกอาคารย่านจราจรหนาแน่นบริเวณวงเวียนโอเดียนมีค่าพิสัยปริมาณแบคทีเรียบน PCA และบน BA สูงกว่าบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ทั้งนี้อาจเนื่องจากที่บริเวณวงเวียนโอเดียนมีพื้นที่เป็นลักษณะชุมชน ถูกขนาบด้วยอาคารพาณิชย์ อาคารที่พักอาศัยหนาแน่น และทำให้มีกิจกรรมในชุมชนมากด้วย ประกอบกับมีพื้นที่ว่างปริมาณน้อย และลักษณะการจราจรคับคั่ง และยังใกล้แหล่งชุมชนอื่นๆ จึงทำให้สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปเอื้ออำนวยต่อการปนเปื้อนแบคทีเรียในอากาศมากกว่าเมื่อเทียบกับสัดส่วนกับบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ แต่อย่างไรก็ตามค่าพิสัยปริมาณแบคทีเรียบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์และบริเวณวงเวียนโอเดียนที่กล่าวมานี้ มีค่าพิสัยปริมาณแบคทีเรียต่ำกว่าที่ได้จากการศึกษาของ Yu และ Ling ในประเทศจีนซึ่งศึกษาในย่านจราจรหนาแน่นเช่นเดียวกัน

ปัจจุบันมลพิษในอากาศที่จัดเป็นปัญหาสำคัญกับระบบทางเดินหายใจมักเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM10) เนื่องจากอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า

10 ไมโครเมตร มักถูกขับออกโดยสารคัดหลั่งและขนในโพรงจมูก และทางเดินหายใจส่วนบน ดังนั้นแบคทีเรียทั่วไปมีขนาด 0.75 – 4 ไมโครเมตร จึงอาจปนเปื้อนกับฝุ่นละอองในอากาศได้ ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับข้อเท็จจริงที่กล่าวมานี้ เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ (Anderson. 2000) ที่ใช้ศึกษามี 6 ชั้นกรองฝุ่นและมีขนาดรูกรองตั้งแต่ 1.81 ถึง 0.25 มม. อนุภาคฝุ่นที่ผ่านรูเหล่านี้ได้มีตั้งแต่ $> 7 - 0.65$ ไมโครเมตร ซึ่งพบแบคทีเรียที่มากับตัวอย่างอากาศได้ทุกชั้นกรอง และพบแบคทีเรียส่วนมากใน 4 ช่องบน คือ ขนาด 7.0, 4.7, 3.3 และ 2.1 ไมโครเมตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นขนาดใหญ่พอที่จะให้แบคทีเรีย (0.75 – 4 ไมโครเมตร) ถูกกรองไว้บนอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อได้ นอกจากนี้แบคทีเรียที่มีรูปร่างกลมพบในชั้นกรองล่างๆ ชั้นที่ 5 และ 6 มากกว่าชั้นกรองบนๆ ทั้งนี้อาจเนื่องจากแบคทีเรียเหล่านี้มีขนาดประมาณ 0.6 - 1.0 ไมโครเมตร ซึ่งเล็กกว่าแบคทีเรียทั่วไป จึงทำให้ถูกกรองไว้ที่ชั้นกรองล่างๆ ได้มากกว่าพวกท่อน ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาแบคทีเรียในอากาศของเทพนม เมืองแมน ที่พบแบคทีเรียในอากาศมีขนาดประมาณ 2 – 4 ไมโครเมตร

การวิเคราะห์แบคทีเรียรูปร่างกลมแกรมบวกนั้นพบเป็นแบคทีเรียสกุล *Streptococcus* spp. และ *Staphylococcus* spp. ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของพิชิตสกุลพราหมณ์ ที่ศึกษาสภาวะความสกปรกของอากาศในเขตกรุงเทพมหานครพบแบคทีเรียชนิดต่างๆ ถึง 15 ชนิด รวมทั้ง *Streptococcus* spp. และ *Staphylococcus* spp. และเมื่อทำการแยกประเภท โดยใช้ปฏิกิริยาการสลายเม็ดเลือดแดง ส่วนมากพบ γ - hemolytic *Streptococcus* spp. และ γ - hemolytic *Staphylococcus* spp. ทั้งบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และบริเวณวงเวียนโอเดียน ถึงแม้ว่า การศึกษานี้ไม่ได้แยกเชื้อสายของเชื้อ *Streptococcus* และ *Staphylococcus* ก็ตาม แต่พบว่าทั้ง 2 ชนิดนี้ ยังมีความสำคัญทางการแพทย์ เพราะเกือบทุกชนิดมักพบเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการติดเชื้อได้เกือบทุกระบบของร่างกาย โดยเฉพาะระบบทางเดินหายใจ ส่วนแบคทีเรียชนิดไม่ก่อโรคนั้นอาจก่อโรคได้ในคนภูมิคุ้มกันบกพร่อง หรือกระตุ้นร่างกายให้เกิดภูมิแพ้ได้ในบางคน

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นช่วงเวลาที่กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ได้ทำการตรวจวัด

ปริมาณฝุ่นละออง PM10 ดังนั้น เมื่อนำผลปริมาณแบคทีเรียในอากาศแต่ละบริเวณมาเปรียบเทียบกับปริมาณฝุ่น PM10 พบว่า ส่วนมากปริมาณแบคทีเรียที่ได้จากการศึกษามีการเพิ่มหรือลดลงตามปริมาณฝุ่น PM10 สอดคล้องตามวันและเวลา แต่เมื่อนำมาทดสอบความสัมพันธ์ ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของทั้ง 2 บริเวณ (ภาคผนวก ตาราง 12 ภาพ 17 - 23) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียของแต่ละเดือน (ตุลาคม 2540 ถึง มกราคม 2541) ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูฝนและอากาศเริ่มเย็นของกรุงเทพมหานคร พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณแบคทีเรียแต่ละเดือนมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แตกต่างชัดเจนนัก ทั้งหมดที่กล่าวมานี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะ และปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศภายนอกอาคาร เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ กระแสลม และรังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยที่ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังกล่าวเมื่อเทียบคู่ใดคู่หนึ่งก็จะมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ถ้าเมื่อใดมีตัวแปรที่สามเข้ามาเกี่ยวข้องก็จะมีอิทธิพล ทำให้ระดับแห่งความสัมพันธ์นั้นลดลง หรือเพิ่มขึ้นได้เสมอ นอกจากนี้ฤดูกาลก็มีส่วนเกี่ยวข้องพบว่า การมีฝนตกจะทำให้ปริมาณฝุ่น PM10 ลดลงด้วย ซึ่งในบางช่วงของการเก็บตัวอย่างมีฝนตกตั้งแต่หนักจนถึงเล็กน้อย เช่น วันที่ 5, 17, 22, 23, 70, 78, 79 ของการเก็บตัวอย่าง ประกอบกับ รายงานพยากรณ์อากาศของกรุงเทพมหานครประจำวันในช่วงนี้มีอุณหภูมิต่ำสุด 22°-23° ซ. และความชื้นสัมพัทธ์ขึ้นร้อยละ 75 - 85 ถือได้ว่าอากาศมีความชื้นสูง ซึ่งเป็นสาเหตุให้มีการกระจายตัวของฝุ่น PM10 แตกต่างกันด้วย ทำให้การแพร่กระจายของปริมาณแบคทีเรียที่ติดปนเปื้อนกับฝุ่น PM10 แตกต่างไปด้วยเช่นกัน

ช่วงที่ศึกษามีการก่อสร้างทั้งสองบริเวณ วงเวียนโอเดียนมีการก่อสร้างอาคารที่พักอาศัยขนาดใหญ่ และที่บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ มีการก่อสร้างรางวิ่งของรถไฟฟ้าและทางด่วน ซึ่งทั้ง 2 บริเวณนี้การดำเนินงานไม่เป็นเวลาที่แน่นอน บางครั้งมีการทำงานในวันอาทิตย์ ซึ่งทำให้ปริมาณฝุ่น PM10 สูงแปรตามกิจกรรมการก่อสร้างทั้ง 2 บริเวณด้วย เพราะการก่อสร้างมีฝุ่นดิน สิ่งก่อสร้างฟุ้งกระจายมาก และกิจกรรมจากบ้านเรือนก็มีการกระจายของฝุ่นค่อนข้างสูง ประกอบกับการตรวจนับจำนวนรถทั้งหมดที่ผ่านบริเวณที่เก็บตัวอย่างในเวลา 7 นาที (เวลาที่เก็บตัวอย่าง) พบว่า ที่วงเวียนโอเดียนมีปริมาณรถเฉลี่ย 70 คัน/นาที ส่วนบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

มีปริมาณเฉลี่ย 53 คัน/นาทีก ซึ่งปัจจัยของความคับคั่งของจราจรก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณแบคทีเรียในอากาศบริเวณวงเวียนโอเดียน สูงกว่าที่พบบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ($P < 0.05$)

โดยสรุปการศึกษาแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในฝุ่นละอองในอากาศภายนอกอาคาร ด้วยเครื่องมือ Andersen sampler 2000 นี้ทำให้สามารถแยกขนาดฝุ่นได้ 6 ช่วงขนาด ตั้งแต่ 0.65 ขนาดที่ใหญ่กว่า 7 ไมโครเมตร ซึ่งจะช่วยให้เราทราบถึงการกระจายตัวของฝุ่นละออง พร้อมกับการกระจายของปริมาณและชนิดของแบคทีเรียไปด้วยพร้อมๆ กัน แต่ทั้งนี้ด้วยข้อจำกัดด้านเวลา งบประมาณและเครื่องมือเก็บตัวอย่าง การตรวจสอบวิเคราะห์ทั้งหมดนี้จึงเป็นผลของการศึกษาขั้นต้น การปนเปื้อนแบคทีเรียในอากาศไม่มีค่ามาตรฐานความปลอดภัย เพียงแต่ทราบปริมาณการปนเปื้อนแบคทีเรียในระดับมากหรือน้อยเท่านั้น ซึ่งพบว่า ที่วงเวียนโอเดียนมีจำนวนตัวอย่างอากาศนอกอาคารมีการปนเปื้อนแบคทีเรียในระดับสูงมากกว่าที่บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งอาจมีผลต่อสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่ ส่วนชนิดของแบคทีเรียที่ติดมากับฝุ่น PM10 ควรศึกษาวิเคราะห์ชนิด ความถี่ ที่พบ ตามวัน เวลา ฤดูกาล สถานที่ ความคงทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ทางอากาศ และการแพร่กระจาย ซึ่งอาจพิจารณาเลือกชนิดที่เป็นตัวชี้วัดให้เหมาะสมกับประเทศได้ อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้รับจากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทาง เพื่อศึกษาผลกระทบ หรือประเมินความเสี่ยงของปริมาณแบคทีเรียในอากาศกับสุขภาพของชุมชนในกรุงเทพมหานครต่อไป



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กนกรัตน์ ศิริพานิชกร. (2538). **เอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง การเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์จุลชีพในอากาศ**. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- _____. (2541). **โรคติดเชื้อ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โฮลิสติก.
- คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล. 2535. **คู่มือปฏิบัติการแบคทีเรียทางการแพทย์**.
กรุงเทพฯ : ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล
มหาวิทยาลัยมหิดล.
- จุมพล ศิริสวัสดิ์. (2535). **การศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคการตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศ**. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์
กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. อัดสำเนา.
- โชคชัย เมธีไตรรัตน์. (มิถุนายน, 2539). “สิ่งแวดล้อมกับหูก คอ จมูก,” **สารศิริราชเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม**. 48 : 285-294.
- เทพนม เมืองแมน. (มีนาคม, 2539). “รายงานวิจัยฝุ่นในกรุงเทพมหานคร,”
สยามโพสต์. 22.
- พรพันธุ์ บุญรัตพันธุ์, กุลยา นาคสวัสดิ์, อมรัตน์ โพธิ์พรรค และคณะ. (2534).
สุขภาพของประชากรกรุงเทพมหานคร. วารสารสาธารณสุขศาสตร์. 30 :
- พิชิต สกุลพราหมณ์. (2531). **การสุขภาพสิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 4 ภาควิชาอนามัย
สิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล : สำนักพิมพ์คณะ
การพิมพ์.
- มุกดา ตฤณานนท์, ไพโรจน์ อุ่นสมบัติ, วิฑูรย์ อ้นดโก. (2537). **ปัญหาสิ่งแวดล้อมกับโรคระบบหายใจ**. ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์
ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล.

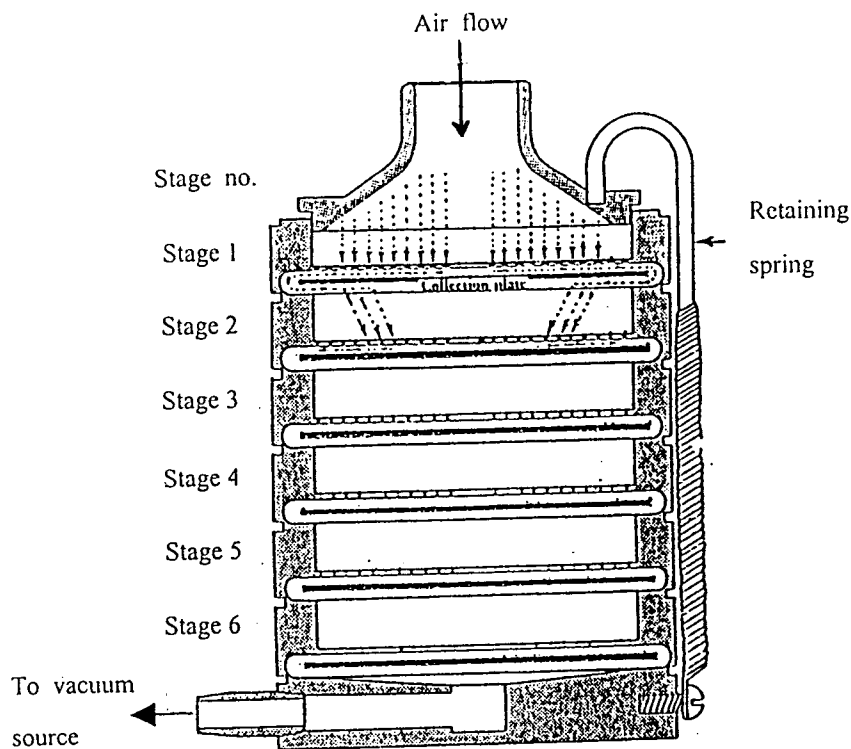
- รำไพ สุสวัสดิ์ ณ อยุธยา, ญัฐกมล ชาญสาธิตพร. (2536). **สถานการณ์ด้าน
ทรัพยากรมนุษย์ที่มีผลต่อการพัฒนาประเทศ**. วารสารสาธารณสุขศาสตร์.
2 : 120 – 30.
- สมาคมแพทยอาชีวเวชศาสตร์และสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. (2539). **รายงานศึกษา
ฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาประเมินผลกระทบจากมลพิษทางอากาศต่อ
สุขภาพอนามัยของประชาชน ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล.
กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กบ.
03 – 007 เล่มที่ ฝ. 2539.**
- สุทิน อยู่สุข. (2533). “มลพิษทางอากาศ,” ในเอกสารการสอนชุดวิชาเรื่อง **อนามัย
สิ่งแวดล้อม หน่วยที่ 1-7**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. (2535). **โครงการศึกษาด้าน
เศรษฐศาสตร์ของระบบจราจรที่มีผลกระทบต่อภาวะมลพิษทางอากาศและ
เสียง**. กรุงเทพฯ : กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน.
- องค์การอนามัยโลก. (เมษายน, 2539). “อนามัยโลกเตือนระวังเชื้อร้าย 38 ชนิด
ในอากาศ ในกรุงเทพ,” **มติชน**. 20 : 6.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. (1978). ***Air Sampling
Instrument ; for Evaluation of Atmospheric Contaminates***. 5th Ed.
USA : Cincinnati Ohio.
- Andersen. (1996). ***Operation Manual Viable (microbial) Particle Sizing Sampler***.
Andersen Type Model Andersen 2000 ; USA.
- Clark, S. Rylander, R. and Larsoon L. (1983). ***Airborne Bacteria, Endotoxin and
Fungi in Dust of Poultry and Swine Confinement Building***. Am Ind Hyg
Assoc. J. 44 : 537 – 541.
- Japan International Cooperation Agency, Bangkok Metropolitan administration.
(1997). ***The study on urban environmental improvement program in
Bangkok Metropolitan Area***. Final report. Bangkok : Suuri-Keikaku.

- Pelozar, M. J. Jr., Chan, E. C. S., and Noel R. (1995). ***Microbiology : Concepts and Applications***. New York : McGraw – Hill.
- Rylander, R., Nordstrand, A. and Snella, M. C. (1975). “Bacterial Contamination of Organic dusts : effect on pulmonary cell reactions,” ***Arch Environ. Health***. 30 : 137 – 149.
- Salle A. J. (1978). ***Fundamental principles of bacteriology***. New Delhi : Tata McGraw-Hill.
- Shaffer, J. G. and McDade, J. J. (1983). ***Airborne Staphylococcus Amreus***.
A possible source in air control equipment. ***Arch Environ Health***. 5 : 547 – 551.
- Stern A. C. (1977). ***Air pollution***. 3rd ed. Volume II. The effect of air pollution. San Diego : Academic Press.
- Yu C. H. and Ling M. Z. (1994). ***The Research Situation of Air Microbes and Human Health Public Places***. Prcceding of the Interrational Conference. October, 18 – 20.
- Yu C. L., Ling M. Z. (1994). ***The research situation of air microbes and human Health public places***. In : Leslie G. B., Leslie K. L., Hung J., Qin Y. Indoor Air Quaality in Asia. Proceeding of the International Conference. Beijing October 18 – 20, London : Lonsdale : 93 – 101.
- Vichit-Vadakan N., Ostro B. D., Chestnut L. G., et al. (2001). ***Air pollution and Respiratory sysmptoms : results from three panel studies in Bangkok, Thailand***. Environmental Health Perspectives ; 109 : 381 – 7.

ภาคผนวก

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. Viable microbial particle sizing samplers (Andersen. 2000 INC) เป็นเครื่องมือแบบ Andersen ที่มีจำนวนชั้น (Stage) ของส่วนที่เก็บตัวอย่างและแต่ละชั้นจะมีรู (Orifice) เปิดหลายรูสำหรับให้อากาศไหลผ่าน ตั้งแต่ขนาดใหญ่ไปหาเล็ก ซึ่งแยกขนาดของตัวอย่างที่เกาะหรือตกตัวในแต่ละชั้น แตกต่างกันไปตั้งแต่ใหญ่ไปหาเล็ก โครงสร้างภายในดังแสดงในภาพ 16 ส่วนที่ใช้เก็บเชื้อจุลินทรีย์ (microbial aerosol) จะใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ (bacteriological agar) และมีอัตราการไหลของอากาศ 28.3 ลิตร/ต่อนาที ซึ่งมีปั๊มดูดอากาศเพื่อดูดอากาศเข้าภายในเครื่องมือนี้



ภาพ 16 โครงสร้างภายในของ Viable microbial particle sizing samplers
(Andersen Sampler. 2000 INC)

2. หลักการของเครื่องมือ (Andersen. 2000 INC)

อากาศจะไหลผ่านโครงสร้างภายนอก และผ่านเข้าสู่เปิดด้วยอัตราการไหล (flow rate) 28.3 ลิตรต่อนาที ผุ่นละอองที่ไหลเข้ามาสู่เครื่องมือนี้ เมื่อผ่านรูเปิดแต่ละชั้นแล้ว จะมีการตกกระทบกับตัวกลาง ซึ่งเป็นตัวเก็บผุ่นละอองที่มีเชื้อจุลินทรีย์ โดยอาศัยระบบการตกกระทบนั้นขนาดของผุ่นละอองที่ตกกระทบและเกาะติดอยู่บนตัวกลาง ซึ่งจะมีขนาดแตกต่างกันจากใหญ่ไปสู่ขนาดเล็กจากชั้นบนลงมาสู่ชั้นล่าง (โดยมีขนาดของผุ่นละอองที่เก็บได้ในแต่ละชั้น)

(ลำดับ) จำนวนชั้นกรอง (stage)	ขนาดรูของแต่ละชั้น (มิลลิเมตร) (orifice diameter)	ช่วงขนาดของอนุภาคผุ่น ที่จะพบได้ (ไมโครเมตร)
1	1.81	7.0 และมากกว่า
2	0.91	4.7 – 7.0
3	0.71	3.3 – 4.7
4	0.53	2.1 – 3.3
5	0.34	1.1 – 2.1
6	0.25	0.65 – 1.1

3. ส่วนประกอบของเครื่องมือ

ก. ส่วนเก็บตัวอย่าง (Sampler) ถูกออกแบบให้สามารถแยกส่วนกับส่วนโครงสร้างได้ ประกอบไปด้วยชั้น 6 ชั้น (six stages) ซึ่งมีรูเปิด (Jet nozzles layer) ในแต่ละชั้นจะมีขนาดของรูเปิดจากใหญ่ลงมามีขนาดเล็ก ซึ่งทำให้ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านแต่ละชั้นแตกต่างกัน จึงทำให้เกิดการตกกระทบ และคัดเลือกผุ่นละอองจากขนาดตั้งแต่สูงกว่า 7 ไมโครเมตร (50% cut point 10 ไมโครเมตร) แล้วเล็กลงเรื่อย ๆ จนถึงชั้นสุดท้าย (back up layer) ซึ่งคัดเลือกผุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า 1.1 ไมโครเมตรในการทดลองครั้งนี้จะใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ (bacteriological agar) เป็นตัวเก็บผุ่นละออง ซึ่งจะใส่อยู่ในแต่ละชั้น

ข. ส่วนโครงสร้าง (separating body) ดังแสดงไว้ในรูปโครงสร้างภายนอกและภายใน

ค. ส่วนวัดอัตราการไหล (flowmeter) ซึ่งจะประกอบอยู่บนฐานเดียวกับส่วนเก็บตัวอย่าง (Sampler)

ง. ปั๊มดูดอากาศ (pump) ซึ่งเป็นปั๊มลมที่มีความสามารถทำให้เกิดอัตราการไหลของอากาศได้ 1 ถึง 60 ลิตรต่อนาที

4. วิธีการใช้เครื่อง

ก. นำจานเพาะเชื้อ (plate) ที่ใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ (agar) ที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อแล้วใส่ในชั้นทั้ง 6 ชั้น แล้วต่อกันในแนวตั้ง ยึดด้วยที่รัดให้แน่น

ข. ติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่าง เครื่องวัดอัตราการไหล และปั๊มโดยต่อท่อและข้อต่อต่าง ๆ ให้แน่น

ค. เดินเครื่องโดยปรับค่าความดันให้ pressure gage และ rotameter อ่านค่า ให้มีอัตราการไหลที่ 28.3 ลิตรต่อนาที ตามกราฟการปรับแต่งซึ่งทำไว้

5. กล้องจุลทรรศน์ เพื่อใช้ตรวจวิเคราะห์ขนาด รูปร่าง การเรียงตัว และการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียที่ปรากฏ

ชนิดอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ (bacteriological agar) และการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ มี 2 ชนิด

1. Total plate count agar

Bacto – tryptone	5.0 กรัม
Bacto yeast extract	2.5 กรัม
Bacto dextrose (Glucose)	1.0 กรัม
Bacto agar	15.0 กรัม

ชั่ง plate count agar 12.75 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ต้มจนเดือดนำไปทำลายเชื้อโดยนึ่งในหม้อน้ำสำหรับฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที ตั้งทิ้งไว้จนอุณหภูมิ 50°C เทลงในจานเลี้ยงเชื้อจานละ 20 – 25 มิลลิลิตร ปล่อยให้แข็งตัว คว่ำจานลง นำไปเก็บในตู้เย็น จนกว่าจะนำไปใช้

2. Blood agar

Proteose peptone	15.0 กรัม
Liver digest	2.5 กรัม
Yeast extract	5.0 กรัม
Sodium chloride	5.0 กรัม
Agar	12.0 กรัม

ชั่ง blood agar base 20 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดและนำไปทำลายเชื้อโดยนึ่งในหม้อน้ำ สำหรับฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที ตั้งทิ้งไว้จนอุณหภูมิ 50°C เติมนเลือดแกะ (sheep blood) 35 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เทลงในจานเลี้ยงเชื้อจานละ 20 – 25 มิลลิลิตร ปล่อยให้แข็งตัว คว่ำจานลง และนำไปเก็บในตู้เย็นจนกว่าจะนำไปใช้

สารเคมีที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์

1. Gram's reagents (Hucher Modification)

Crystal violet solution

Crystal violet	2.0 กรัม
Ethyl alcohol (95%)	20.0 มิลลิลิตร
Ammonium oxalate	0.8 กรัม
น้ำกลั่นบริสุทธิ์	80.0 มิลลิลิตร

2. Iodine Solution

Iodine	1.0 กรัม
Potassium iodide	2.0 กรัม
น้ำกลั่นบริสุทธิ์	100.0 มิลลิลิตร

3. Safranin O

Safranin O	0.25 กรัม
Ethyl alcohol	10.00 มิลลิลิตร
น้ำกลั่นบริสุทธิ์	100.00 มิลลิลิตร

4. Methyle alcohol 90%

ตาราง 12 ค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่น PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) เป็นรายวันที่บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และวงเวียนโอเดียน ช่วงเดือนตุลาคม – ธันวาคม 2540*

วันที่	ค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่น PM10 (µg/m³)																															
เดือน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
โรงพยาบาล จุฬาลงกรณ์																																
ตุลาคม											38		41		42	63	45	33		75	42	34		40		33	15				16	
พฤศจิกายน	28	74	57	107	127							17				45	50		49	46	55	49	49	45	53	45	63	67	65	55		
ธันวาคม	52	56	55	51	51	55	54	43	50	61	61	60	60	58	60	71	90	91	104													
วงเวียนโอเดียน																																
ตุลาคม	63	65	54	54	60	68	47	60	64	64	60	70	74	72	74	62	67	74	63	74	41	47	60	63	54	48	57	48	66	58	58	
พฤศจิกายน	70	63	68	43	50	74	76	72	80	84	81	63	76	73	80	78	57	62	75	170	79	79	81	66	52	74	63	55	51	53		
ธันวาคม	58	54	60	47	75	79	83	79	66	74	70	73	54	77	69	39	49	52	57													

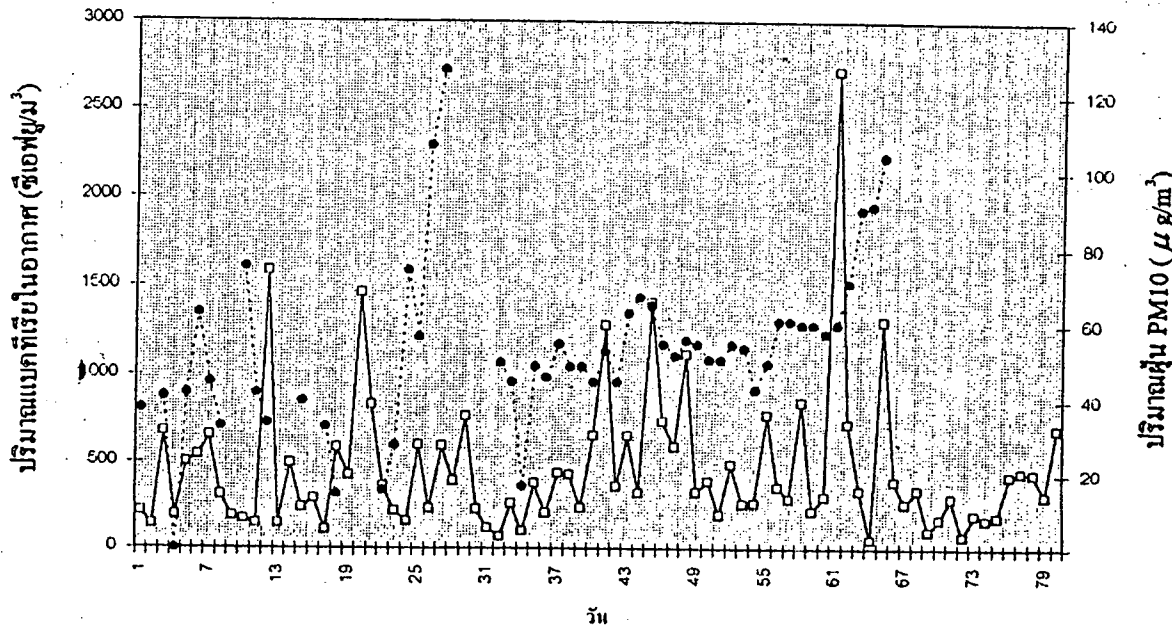
* กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ตาราง 13 ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของปริมาณแบคทีเรียในอากาศบน plate count agar เป็นรายวัน (ซีเอฟยู/ม³)

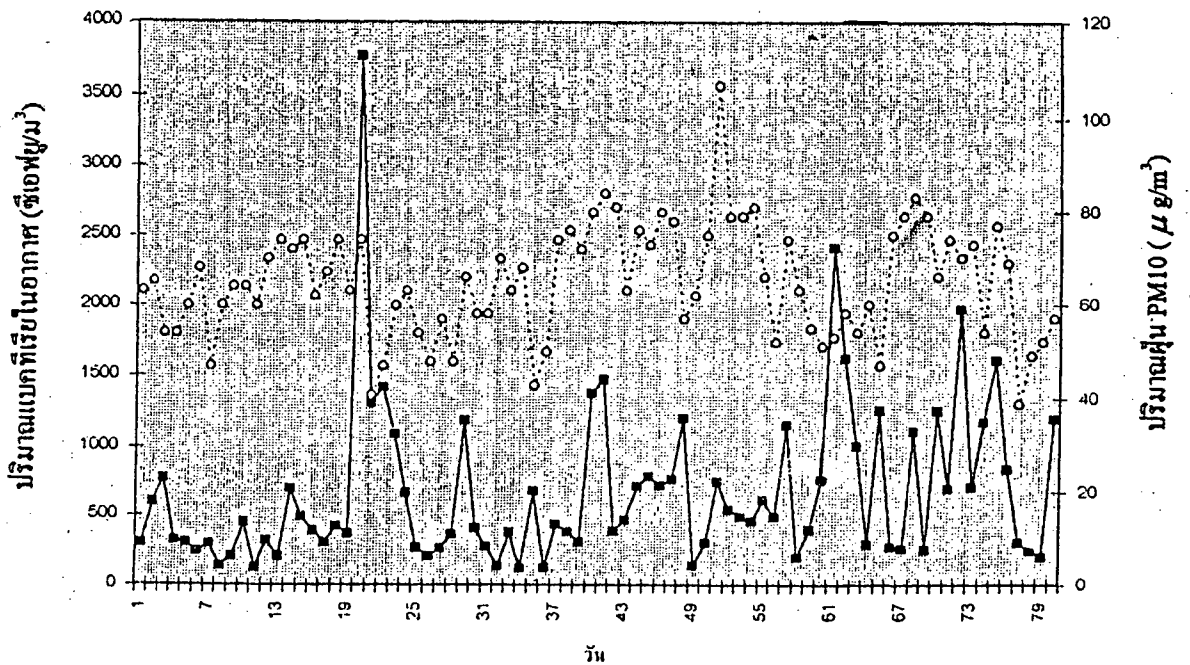
รายวัน บริเวณที่เก็บตัวอย่าง	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์
โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	474.723	403.156	299.553	285.771	314.752	196.870	487.423
วงเวียนโอเดียน	581.129	520.160	430.893	535.602	512.661	372.027	633.975

ตาราง 14 ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตปริมาณแบคทีเรียในอากาศบน blood agar เป็นรายวัน (ซีเอฟยู/ม³)

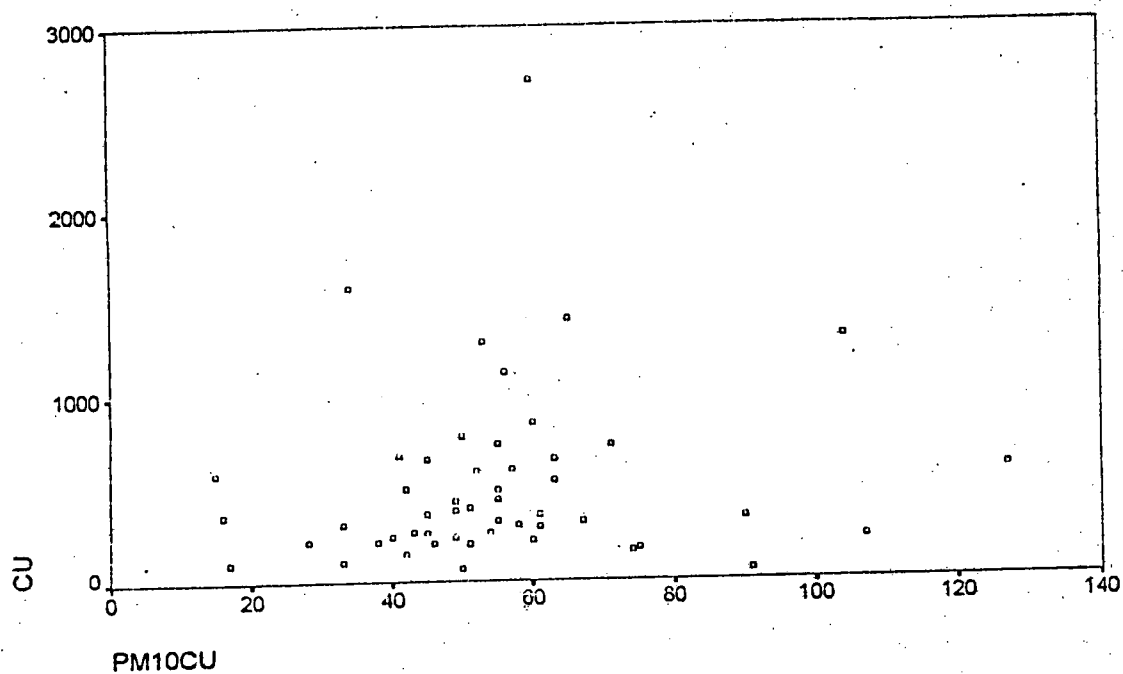
บริเวณ รายวัน	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์		วงเวียนโอเดียน	
	มีฮีโมไลซิส	ไม่มีฮีโมไลซิส	มีฮีโมไลซิส	ไม่มีฮีโมไลซิส
จันทร์	48.295	66.066	230.248	269.211
อังคาร	29.691	60.266	263.423	390.117
พุธ	46.892	71.204	197.846	218.326
พฤหัสบดี	26.319	50.940	171.505	299.981
ศุกร์	38.780	50.394	188.636	396.153
เสาร์	23.936	41.486	133.032	364.266
อาทิตย์	38.247	57.779	314.963	380.394



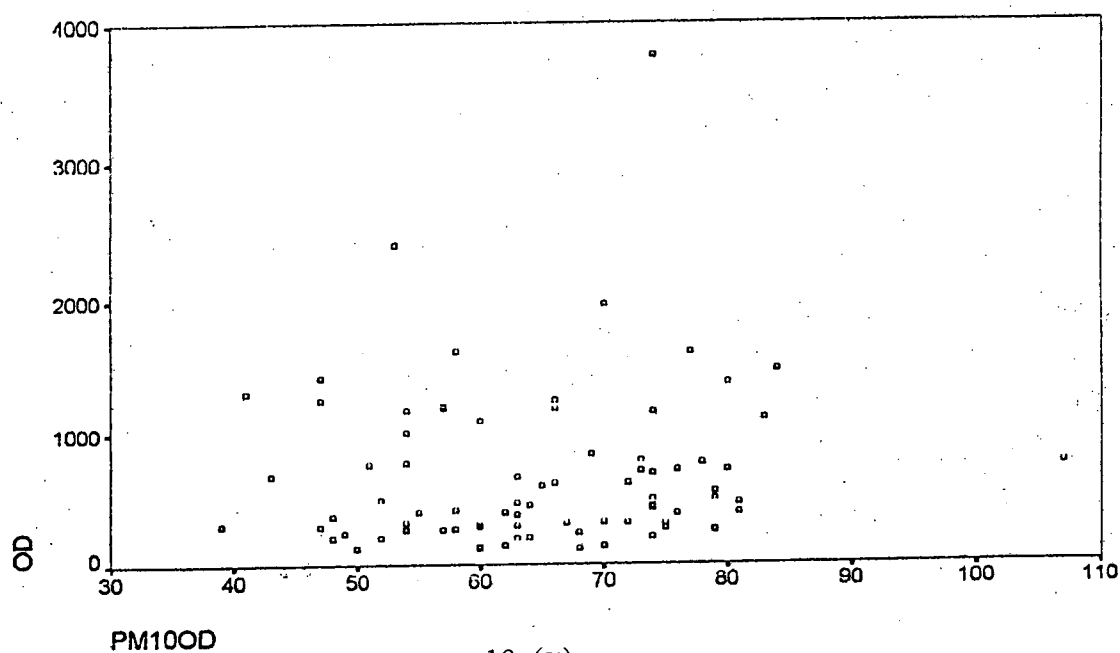
ภาพ 17 ปริมาณแบคทีเรียในอากาศนอกรอาคาร (ซีเอฟยู/ม³) บน plate count agar (—□—) กับปริมาณฝุ่น PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ (---●---) ในแต่ละวัน บริเวณโรงพยาบาลจุฬาฯ



ภาพ 18 ปริมาณแบคทีเรียในอากาศนอกรอาคาร (ซีเอฟยู/ม³) บน plate count agar (—■—) กับปริมาณฝุ่น PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ (---○---) ในแต่ละวัน บริเวณวงเวียนโอเดียน

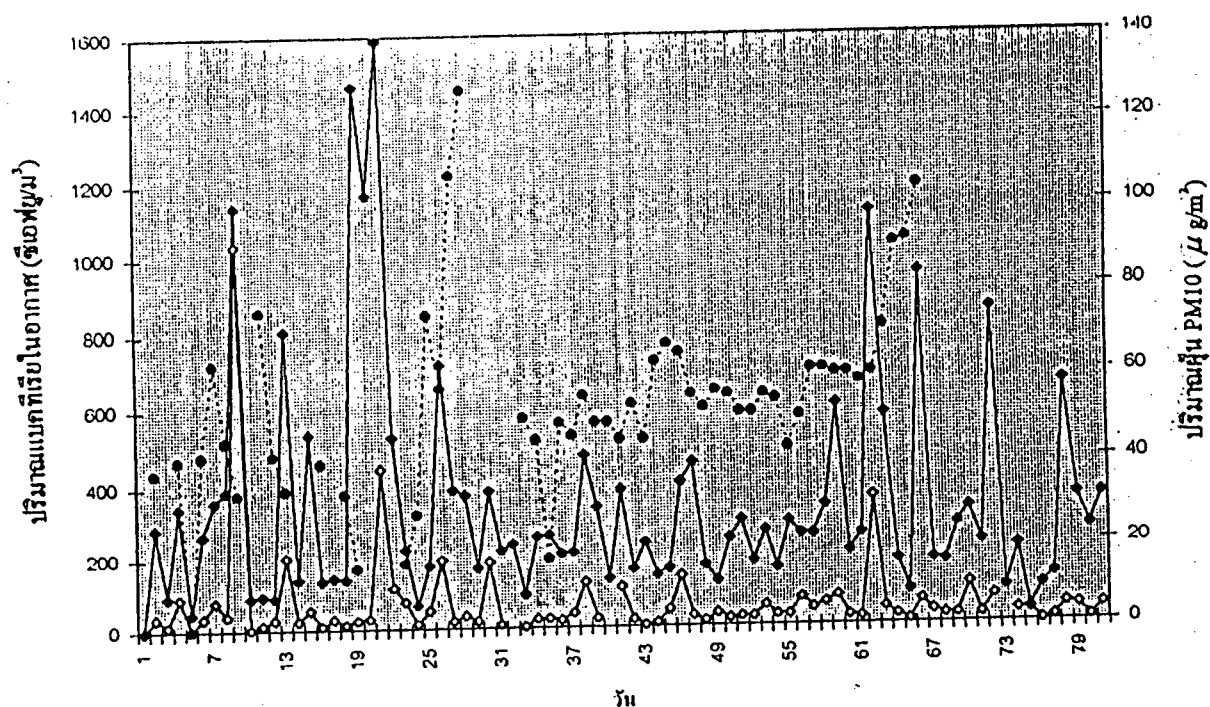


19 (ก)



19 (ข)

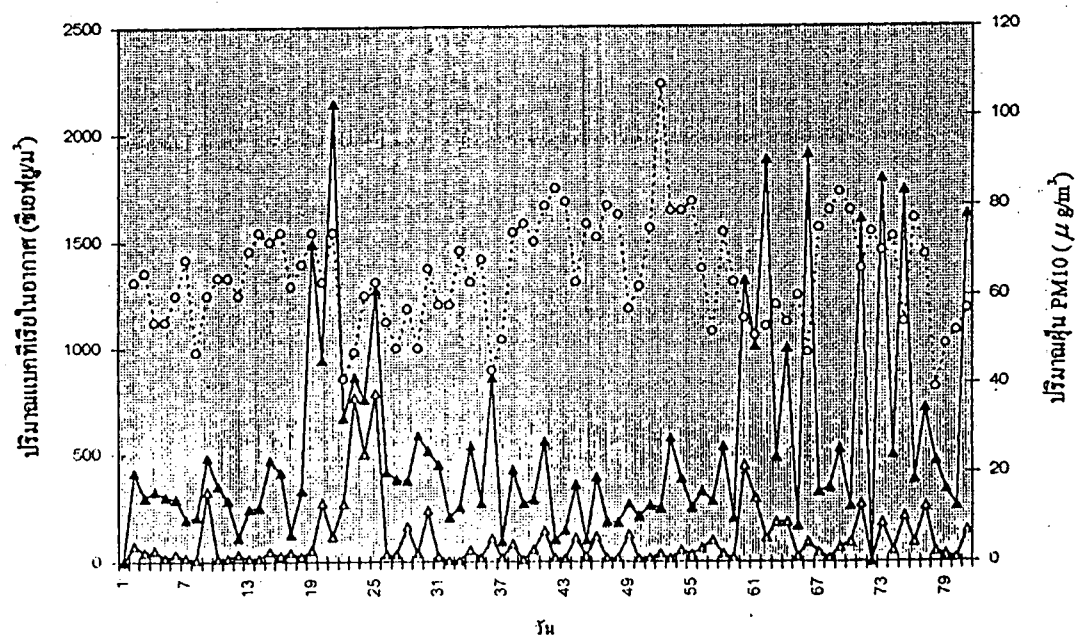
ภาพ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่น PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) กับปริมาณแบคทีเรีย
 ในอากาศนอกอาคาร (ซีเอฟยู/ m^3) บน plate count agar ที่บริเวณ (ก)
 โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และ (ข) วงเวียนโอเดียน



ภาพ 20 ปริมาณเบคทีเรียในอากาศนอกอาคาร (ซีเอฟยู/ม³) ชนิดที่มีอีโมไลซีส

(—◇—) และชนิดไม่มีอีโมไลซีส (—◆—) กับปริมาณฝุ่น PM10

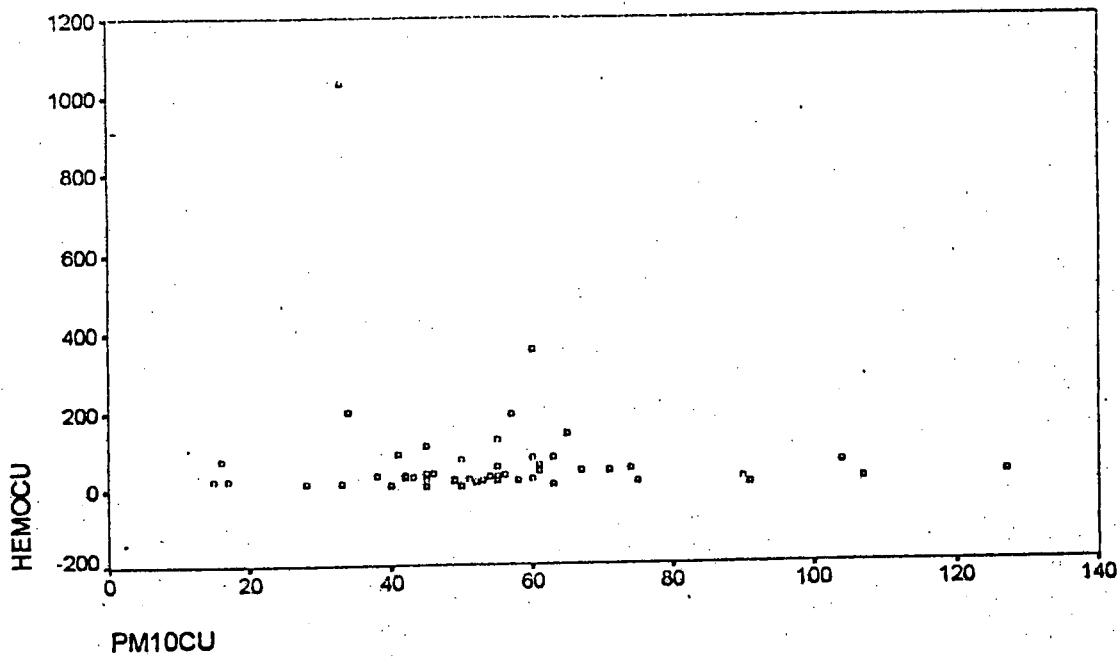
(µg/m³ (—●—) ในแต่ละวันที่บริเวณโรงพยาบาลจุฬาฯ



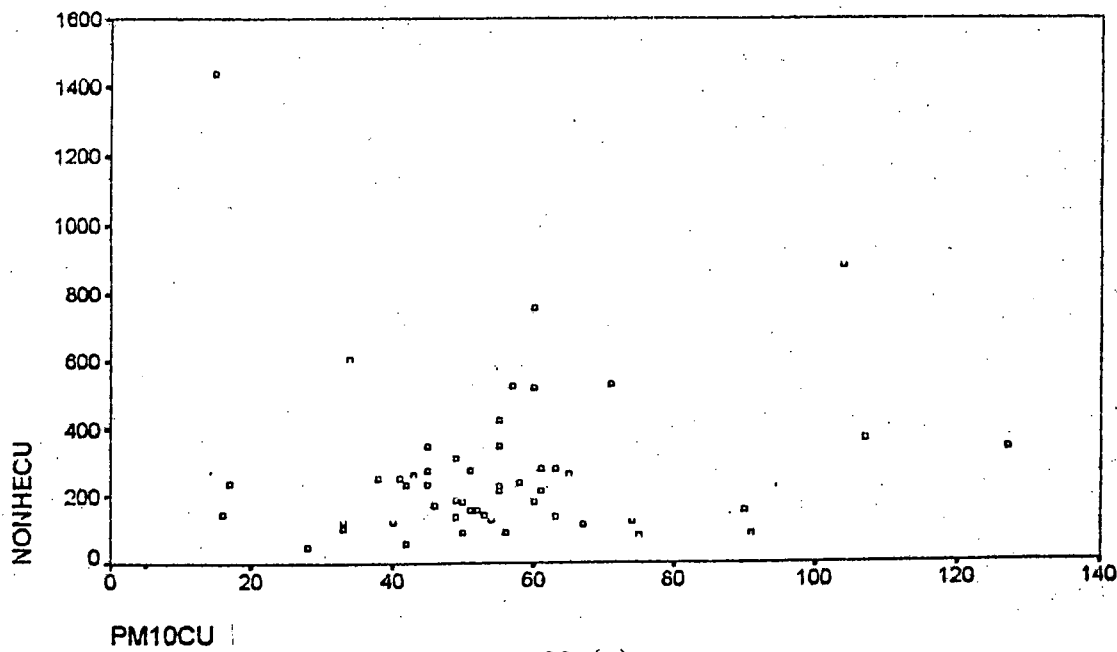
ภาพ 21 ปริมาณเบคทีเรียในอากาศนอกอาคาร (ซีเอฟยู/ม³) ชนิดที่มีอีโมไลซีส

(—△—) และชนิดไม่มีอีโมไลซีส (—▲—) กับปริมาณฝุ่น PM10

(µg/m³ (—○—) ในแต่ละวันที่บริเวณวงเวียนโอเดียน

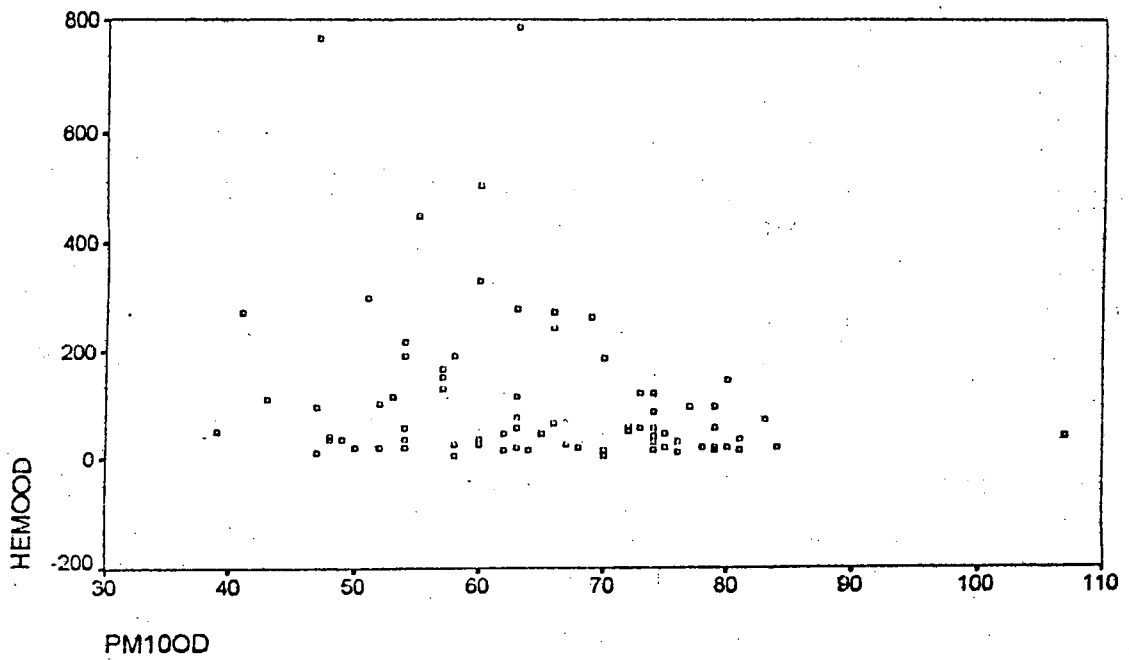


22 (ก)

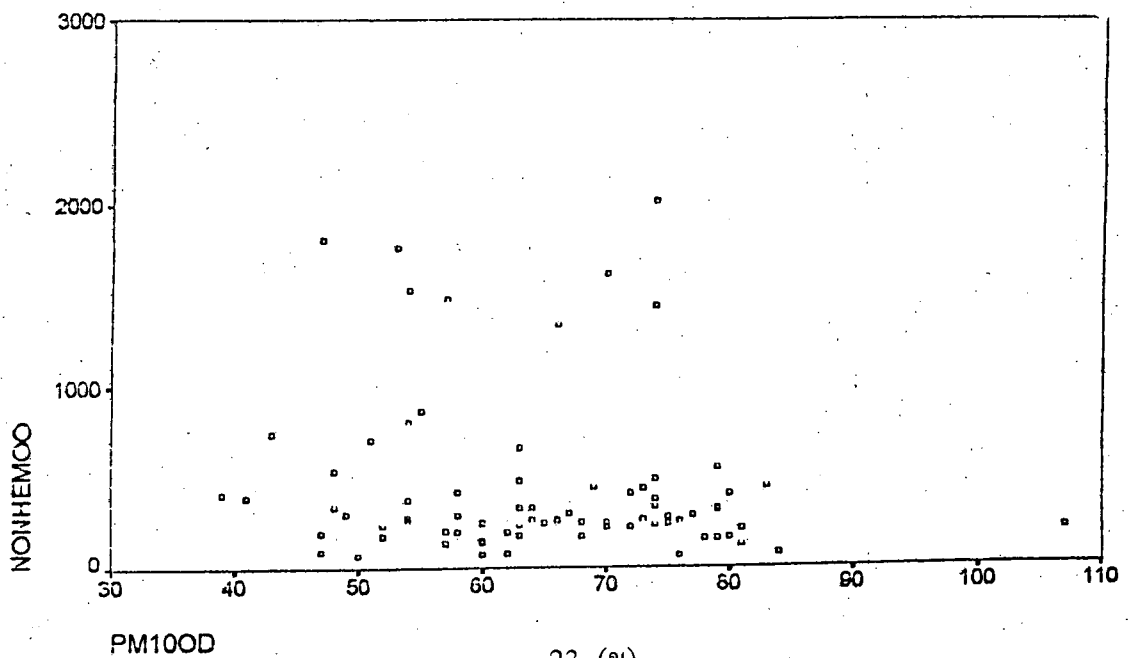


22 (ข)

ภาพ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่น PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) กับปริมาณแบคทีเรีย
ในอากาศนอกอาคาร (ซีเอฟยู/ m^3) ชนิดมีฮีโมไลซิส (ก) และชนิดไม่มี
ฮีโมไลซิส (ข) ที่บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์



23 (ก)



23 (ข)

ภาพ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่น PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) กับปริมาณแบคทีเรีย
ในอากาศนอกอาคาร (ซีเอฟยู/ม³) ชนิดมีฮีโมไลซิน (ก) และชนิดไม่มี
ฮีโมไลซิน (ข) ที่บริเวณวงเวียนโอเดียน