

รายงานการวิจัย

การแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศภายในรถปรับอากาศในเขตลาดกระบัง

DISTRIBUTION OF AIRBORNE MICROORGANISMS IN
AIR-CONDITIONED VEHICLES IN LADKRABANG DISTRICT



ผศ. ดร. สุวรรณิ จรรยาพูน

ผศ. มงคล เพ็ญสายใจ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2554

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัย

การแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศภายในรถปรับอากาศในเขตลาดกระบัง

DISTRIBUTION OF AIRBORNE MICROORGANISMS IN
AIR-CONDITIONED VEHICLES IN LADKRABANG DISTRICT



ผศ. ดร. สุวรรณิ จรรยาพูน

ผศ. มงคล เพ็ญสายใจ

RC1
TD
427
P4

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน, เดือน, ปี.....

120335

ค 2
.....2555

12390694
b.....
i.....

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2554

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือจากผู้มีพระคุณ ดังนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ชมพูนุท ไชยรักษ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี และ รศ. ดร. นवलพรรณ ณ ระนอง อาจารย์ประจำสาขาวิชาชีววิทยา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และรศ. อรไท สุขเจริญ อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหงที่ได้ให้คำแนะนำ เสนอแนะแนวทางแก้ปัญหา และช่วยตรวจสอบเพิ่มความสมบูรณ์ของรายงานวิจัยฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.จิตติ ท่าไฉ อาจารย์ประจำสาขาวิชาชีววิทยา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้คำแนะนำในการจำแนกชนิดของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา

ขอขอบพระคุณ อ.สุจิตรา สุคนธมัต อาจารย์ประจำสาขาวิชาสถิติ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ได้ให้คำแนะนำวิธีการใช้โปรแกรม Minitab

ขอขอบพระคุณ นายอิทธิพล พ้ออำมาตย์ วิศวกรส่วนมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะกรมควบคุมมลพิษ ที่เอื้อเฟื้อเครื่อง Six-Stage Cascade Impactor

ขอขอบพระคุณ ผู้ดูแลคิวรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 และรถตู้โดยสารปรับอากาศสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต และเจ้าของรถยนต์ส่วนบุคคลที่เอื้อเฟื้อรถในการเก็บตัวอย่างอากาศ

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่ห้องธุรการ สาขาวิชาเคมี และสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการทำรายงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน

ผศ. มงคล เพ็ญสายใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	I
บทคัดย่อภาษาไทยและบทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
สารบัญ.....	V
สารบัญตาราง.....	X
สารบัญรูป.....	XV
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย.....	XVII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ประเภทของชีวอนุภาคมลสารในอากาศ.....	3
2.1.1 แบคทีเรีย.....	5
2.1.2 รา.....	7
2.2 แหล่งกำเนิดของชีวอนุภาคมลสาร.....	11
2.2.1 แหล่งกำเนิดจากสิ่งแวดล้อมภายนอกอาคาร.....	11
2.2.2 แหล่งกำเนิดจากสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร.....	11
2.3 การแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ.....	11
2.4 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการสะสมของจุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคาร.....	12
2.4.1 การรับเชื้อจุลินทรีย์จากภายนอกอาคาร.....	13
2.4.2 การปนเปื้อนมากับผู้ใช้อาคาร.....	13
2.4.3 ความเหมาะสมของสภาพแวดล้อมภายในอาคาร.....	14
2.5 ผลกระทบของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ.....	17
2.6 มาตรฐานจุลินทรีย์ในอากาศ.....	19
2.7 การควบคุมจุลินทรีย์ในอากาศ.....	20
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศภายในรถปรับอากาศ
ในเขตลาดกระบัง

ชื่อโครงการ (ภาษาอังกฤษ) Distribution of Airborne Microorganisms in Air-conditioned
Vehicles in Ladkrabang District

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการและผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ผศ.ดร. สุวรรณิ จรรยาพูน
สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
โทรศัพท์ : (02)-329-8400-11 ต่อ 262
โทรสาร : (02)-329-8412
E-mail : kjsuwann@kmitl.ac.th

2. ผศ. มงคล เพ็ญสายใจ
สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
โทรศัพท์ : 02-329-8400-11 ต่อ 287, 237
โทรสาร : (02)-329-8412
E-mail : kpmongko@kmitl.ac.th

แหล่งเงิน ทุนวิจัยประเภทส่งเสริมนักวิจัย

ประจำปีงบประมาณ 2554

จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 50,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกันยายน 2554

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศภายในรถปรับอากาศในเขตลาดกระบัง โดยเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศจากรถยนต์ 4 ประเภท ได้แก่ รถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 รถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล และรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสัตว์เลี้ยง ด้วยเครื่อง Six-Stage Cascade Impactor ที่มีขนาดแตกต่างกัน 6 ขนาด คือ > 7.0, 4.7-7.0, 3.3-4.7, 2.1-3.3, 1.1-2.1 และ 0.65-1.1 ไมครอน ที่อัตราการไหล 28.3 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที วัดปริมาณของเชื้อแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptone Soya Agar และเชื้อราในอาหาร Malt Extract Agar โดยใช้เทคนิค Total Plate Count ผลการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในรถปรับอากาศทั้ง 4 ประเภทมีค่ามากกว่าภายนอกรถ โดยพบว่าภายในรถโดยสารประจำทางพบแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 3.3-4.7 ไมครอนมากที่สุด มีความเข้มข้นเท่ากับ 582.97 ± 71.50 CFU/m³ รถตู้โดยสารสาธารณะพบแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 2.1-3.3 ไมครอนมากที่สุด มีความเข้มข้นเท่ากับ 552.74 ± 89.02 CFU/m³ รถยนต์ส่วนบุคคลพบแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 4.7-7.0 ไมครอนมากที่สุด มีความเข้มข้นเท่ากับ 338.51 ± 19.90 CFU/m³ และรถยนต์ส่วนบุคคลที่มีสัตว์เลี้ยงพบแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 2.1-3.3 ไมครอนมากที่สุด มีความเข้มข้นเท่ากับ 618.00 ± 67.72 CFU/m³ นอกจากนี้ยังพบว่า อากาศภายในรถโดยสารประจำทาง พบเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด คือ *Bacillus flexus*, *Bacillus anthracis* และ *Bacillus aryabhattai* อากาศภายในรถตู้โดยสารสาธารณะ พบเชื้อแบคทีเรีย 4 ชนิด คือ *Bacillus anthracis*, *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus endophyticus* และ *Bacillus marisflavi* อากาศภายในรถยนต์ส่วนบุคคล พบเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด คือ *Bacillus marisflavi*, *Staphylococcus cohnii* subsp. *urealyticus* และ *Bacillus aryabhattai* และ อากาศภายในรถยนต์ส่วนบุคคลที่มีสุนัข พบเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด คือ *Bacillus altitudinis*, *Bacillus aryabhattai* และ *Bacillus anthracis* สำหรับเชื้อราที่พบภายในรถโดยสารประจำทาง รถตู้โดยสารสาธารณะ รถยนต์ส่วนบุคคลพบเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 1.1-2.1 ไมครอนมากที่สุด มีความเข้มข้นเท่ากับ 708.59 ± 133.91 , 598.63 ± 94.48 และ 367.58 ± 81.96 CFU/m³ ตามลำดับ และรถยนต์ส่วนบุคคลที่มีสัตว์เลี้ยงพบเชื้อราที่จับกับอนุภาคขนาด 3.3-4.7 ไมครอนมากที่สุด มีความเข้มข้นเท่ากับ 718.57 ± 7.92 CFU/m³

คำสำคัญ: เครื่องเก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศแบบ 6 ชั้น, เชื้อแบคทีเรียในอากาศ, เชื้อราในอากาศ, รถปรับอากาศ

Abstract

This study examined distribution of airborne microorganisms in air-conditioned vehicles in Ladkrabang district. Air samples were collected from public buses No.517, public vans (Ladkrabang-victory monument-Mochit Line), private cars and private cars carrying dogs using Six-Stage Cascade Impactor with difference particle size fractions between > 7.0 , $4.7-7.0$, $3.3-4.7$, $2.1-3.3$, $1.1-2.1$ and $0.65-1.1$ μm particle diameter at a flow rate of 28.3 l/min for 10 minutes. Amounts of bacteria and fungi were measured by Total Plate Count technique using Tryptone Soya Agar (TSA) and Malt Extract Agar (MEA), respectively. The results showed that concentrations of airborne bacteria and fungi inside all types of air-conditioned vehicles were higher than that of outside. The highest concentrations of airborne bacteria were found in particle size range of $3.3-4.7$ μm (582.97 ± 71.50 CFU/m³) for public buses, particle size range of $2.1-3.3$ μm (552.74 ± 89.02 CFU/m³) for public vans, particle size range of $4.7-7.0$ μm (338.51 ± 19.90 CFU/m³) for private car and particle size range of $2.1-3.3$ μm (618.00 ± 67.72 CFU/m³) for private cars carrying dogs. *Bacillus flexus*, *Bacillus anthracis* and *Bacillus aryabhatai* were identified in public buses. *Bacillus anthracis*, *Bacillus aryabhatai*, *Bacillus endophyticus* and *Bacillus marisflavi* were identified in public vans. *Bacillus marisflavi*, *Staphylococcus cohnii* subsp. urealyticus and *Bacillus aryabhatai* were found in private cars and *Bacillus altitudinis*, *Bacillus aryabhatai* and *Bacillus anthracis* were found in private cars carrying dogs. The highest concentrations of airborne fungi were found in particle size range of $1.1-2.1$ μm for public buses (718.59 ± 133.91 CFU/m³), public vans (598.63 ± 98.48 CFU/m³) and private cars (367.58 ± 81.96 CFU/m³). For private cars carrying dogs, the highest concentrations of airborne fungi were found in particle size range of $3.3-4.7$ μm (718.57 ± 7.92 CFU/m³).

Keywords: Six-Stage Cascade Impactor, airborne bacteria, airborne fungi, air-conditioned vehicles

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	26
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี.....	26
3.1.1 อุปกรณ์.....	26
3.1.2 สารเคมี.....	27
3.1.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ.....	27
3.2 ประเภทรถยนต์ที่ใช้ในการศึกษา.....	28
3.3 ขั้นตอนดำเนินการทดลอง.....	29
3.3.1 การเตรียมอาหาร.....	30
3.3.1.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย.....	30
3.3.1.2 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อรา.....	30
3.3.2 การติดตั้งอุปกรณ์เครื่องเก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศแบบคัดแยกขนาด.....	31
3.3.3 การเก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ.....	32
3.3.3.1 การเก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศภายในรถปรับอากาศ.....	32
3.3.3.2 การวิเคราะห์ห้อนิดและปริมาณเชื้อแบคทีเรีย.....	33
3.3.3.3 การวิเคราะห์ห้อนิดและปริมาณเชื้อรา.....	34
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล.....	36
4.1 ผลการศึกษาการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาค ขนาดต่างๆในอากาศภายในรถปรับอากาศ.....	36
4.1.1 การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศ ภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะ.....	36
4.1.2 การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศ ภายในรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะ.....	38
4.1.3 การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศ ภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล.....	41
4.1.4 การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศ ภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสูบบุหรี่.....	43
4.2 ผลการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศจากรถโดยสารปรับอากาศ.....	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.1 ผลการคัดแยกเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในรถปรับอากาศ.....	46
4.2.2 ผลการศึกษาลักษณะทางฟิโนไทป์ของเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในรถปรับอากาศ.....	47
4.2.3 ผลการจำแนกชนิดของเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆในอากาศโดยการวิเคราะห์นิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA.....	52
4.2.4 ผลการคัดแยกเชื้อราในอากาศจากรถปรับอากาศ.....	54
4.2.5 ผลการศึกษาลักษณะทางฟิโนไทป์เชื้อราในอากาศภายในรถปรับอากาศ...	55
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	58
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	58
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	59
เอกสารอ้างอิง.....	60
ภาคผนวก ก การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการตรวจวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์.....	64
ก-1 สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ.....	65
ก-2 การทำความสะอาดเครื่องเก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ Six-Stage Cascade Impactor..	66
ก-3 การเตรียมจานเพาะเชื้อ.....	67
ก-4 การแยกเชื้อจุลินทรีย์โดยเทคนิค Streak plate.....	67
ก-5 การเก็บรักษาเชื้อจุลินทรีย์ใน Agar slant และ Stock culture.....	67
ก-6 การจำแนกชนิดของเชื้อจุลินทรีย์.....	68
ก-6.1 การเตรียมสารเคมีในการย้อมแกรมแบคทีเรีย.....	68
ก-6.2 การจำแนกชนิดของเชื้อแบคทีเรีย.....	69
ก-6.3 การทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี.....	70
ก-6.4 การเตรียมน้ำยา Lactophenol cotton blue.....	70
ก-6.5 การจำแนกชนิดของเชื้อรา โดยดูลักษณะทางฟิโนไทป์.....	71
ก-6.6 การจำแนกชนิดของเชื้อรา โดยใช้วิธี Slide culture.....	71
ก-7 การวิเคราะห์ลักษณะทางจีโนไทป์ของเชื้อจุลินทรีย์ โดยการจำแนกเชื้อแบคทีเรียโดยการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA.....	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ก-7.1 การสกัดจีโนมิกดีเอ็นเอจากแบคทีเรีย.....	72
ก-7.2 การวิเคราะห์ปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิคอะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟเรซิส.....	73
ก-7.3 การเพิ่มปริมาณยีน 16S rDNA ด้วยเทคนิคปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (Polymerase Chain Reaction, PCR).....	74
ก-7.4 การทำดีเอ็นเอให้บริสุทธิ์.....	75
ก-7.5 การวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของผลิตภัณฑ์ PCR ของยีน 16S rDNA.....	75
ภาคผนวก ข ตารางแสดงอัตราการไหลของบิม์เก็บอากาศ และจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ ในอากาศ.....	76
ข-1 การคำนวณความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในอากาศ.....	77
ภาคผนวก ค การทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี และลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA.....	129
ค-1 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของกรด โดยสารปรับอากาศ 4 ประเภท.....	129
ค-2 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อแบคทีเรียในรถโดยสารปรับอากาศ 4 ประเภท.....	136
ค-2.1 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ <i>Bacillus flexus</i> IFO15715(T) ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517.....	136
ค-2.2 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ <i>Bacillus anthracis</i> ATCC 14578(T) ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517.....	136
ค-2.3 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ <i>Bacillus aryabhatai</i> B8W22(T) ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517.....	137
ค-2.4 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ <i>Bacillus anthracis</i> ATCC 14578(T) ในรถโดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย หอมชิต.....	137
ค-2.5 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ <i>Bacillus aryabhatai</i> B8W22(T) ในรถโดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ ชัย-หอมชิต.....	138

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ค-2.6 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ <i>Bacillus endophyticus</i> 2DT(T) ในรดตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบ้ง-อนุสาวรีย์ชัย- หมอชิต.....	139
ค-2.7 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ <i>Bacillus marisflavi</i> TF-11(T) ในรดตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบ้ง-อนุสาวรีย์ ชัย-หมอชิต.....	139
ค-2.8 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ <i>Bacillus marisflavi</i> TF-11(T) ในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล.....	140
ค-2.9 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ <i>Staphylococcus cohnii</i> subsp. urealyticus ATCC 49330(T) ในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล.....	140
ค-2.10 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ <i>Bacillus aryabhatai</i> B8W22(T) ในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล.....	141
ค-2.11 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ <i>Bacillus altitudinis</i> 41KF2b(T) ในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข.....	141
ค-2.12 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ <i>Bacillus aryabhatai</i> B8W22(T) ในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข.....	142
ค-2.13 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ <i>Bacillus aryabhatai</i> B8W22(T) ในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข.....	142
ค-2.14 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ <i>Bacillus anthracis</i> ATCC 14578(T) ในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข.....	143
ค-3 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราของรดโดยสารปรับอากาศ 4 ประเภท.....	144
ภาคผนวก ง ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ.....	148

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ข้อแตกต่างของ Droplet nuclei และ Dust particle.....	4
2.2 ชนิดของเชื้อแบคทีเรียในอากาศ.....	6
2.3 ชนิดของเชื้อราในอากาศ.....	8
2.4 ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่พบในบรรยากาศ.....	10
2.5 ผลกระทบของชีวอนุภาคมลสาร.....	18
2.6 ค่ามาตรฐานจุลินทรีย์ในอากาศ.....	19
3.1 ลักษณะของรถยนต์ปรับอากาศที่ใช้ในการศึกษา.....	29
4.1 จำนวนไอโซเลทเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากรถโดยสารปรับอากาศสาธารณะ.....	47
4.2 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี.....	50
4.3 ความคล้ายคลึงของลำดับนิวคลีโอไทด์ ในช่วง 16S rRNA gene ของเชื้อตัวอย่างกับเชื้อจากฐานข้อมูล.....	53
4.4 จำนวนไอโซเลทเชื้อราในอากาศที่คัดแยกได้จากรถโดยสารปรับอากาศสาธารณะ.....	55
4.5 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคฝุ่นละอองและสปีโกไลต์.....	55
4.6 ชนิดของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคฝุ่นละอองในแต่ละขนาด.....	56
ข-1 อัตราการไหลของปั๊มก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517.....	79
ข-2 ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517.....	80
ข-3 อัตราการไหลของปั๊มก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายนอกรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517.....	82
ข-4 ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517.....	83
ข-5 อัตราการไหลของปั๊มก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อราในอากาศภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517.....	85
ข-6 ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517.....	86
ข-7 อัตราการไหลของปั๊มก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อราในอากาศภายนอกรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517.....	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข-8 ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกโดยสารประจำทาง ปรับอากาศสาย 517	89
ข-9 อัตราการไหลของป้อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อแบคทีเรียใน อากาศภายในรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต.	91
ข-10 ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศ ภายในรถตู้โดยสารปรับ อากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต.....	92
ข-11 อัตราการไหลของป้อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อแบคทีเรีย ใน อากาศภายนอกรถตู้โดยสารสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต.....	94
ข-12 ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศ ภายในรถตู้โดยสาร สาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต.....	95
ข-13 อัตราการไหลของป้อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อรา ในอากาศ ภายในรถตู้โดยสารสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต.....	97
ข-14 ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถตู้โดยสารสาธารณะ สายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต.....	98
ข-15 อัตราการไหลของป้อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อรา ในอากาศ ภายนอกรถตู้โดยสารสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต.....	100
ข-16 ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกรถตู้โดยสารสาย ลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต.....	101
ข-17 อัตราการไหลของป้อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อแบคทีเรีย ใน อากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล.....	103
ข-18 ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในปรับอากาศส่วน บุคคล.....	104
ข-19 อัตราการไหลของป้อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อแบคทีเรีย ใน อากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล.....	106
ข-20 ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกรถยนต์ปรับ อากาศส่วนบุคคล.....	107
ข-21 อัตราการไหลของป้อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อราในอากาศ ภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล.....	109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข-22 ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล.....	110
ข-23 อัตราการไหลของป้ลมก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อรา ในอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล.....	112
ข-24 ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล.....	113
ข-25 อัตราการไหลของป้ลมก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อแบคทีเรีย ในอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล.....	115
ข-26 ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศ ภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข.....	116
ข-27 อัตราการไหลของป้ลมก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อแบคทีเรีย ในอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข.....	118
ข-28 ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข.....	119
ข-29 อัตราการไหลของป้ลมก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อราในอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข.....	121
ข-30 ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข.....	122
ข-31 อัตราการไหลของป้ลมก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อราในอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข.....	124
ข-32 ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข.....	125
ข-33 ข้อมูลค่าเฉลี่ยอุณหภูมิตามเวลา ในระหว่างเก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศภายในรถปรับอากาศ.....	127
ข-34 ข้อมูลค่าเฉลี่ยอุณหภูมิตามเวลา ในระหว่างเก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศภายนอกรถปรับอากาศ.....	127
ค-1.1 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517 คันที่ 1.....	129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค-1.2 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517 คันที่ 2.....	130
ค-1.3 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517 คันที่ 3.....	130
ค-1.4 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต คันที่ 1.....	131
ค-1.5 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต คันที่ 2.....	132
ค-1.6 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต คันที่ 3.....	132
ค-1.7 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล คันที่ 1.....	133
ค-1.8 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล คันที่ 2.....	133
ค-1.9 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล คันที่ 3.....	134
ค-1.10 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข คันที่ 1.....	134
ค-1.11 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข คันที่ 2.....	135
ค-1.12 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข คันที่ 3.....	135
ค-3.1 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราของรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517 คันที่ 1.....	144
ค-3.2 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราของรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517 คันที่ 2.....	144
ค-3.3 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราของรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517 คันที่ 3.....	144

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค-3.4 ลักษณะรูปร่างของเชือราชของรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง- อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต คันที่ 1.....	145
ค-3.5 ลักษณะรูปร่างของเชือราชของรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง- อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต คันที่ 2.....	145
ค-3.6 ลักษณะรูปร่างของเชือราชของรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง- อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต คันที่ 3.....	145
ค-3.7 ลักษณะรูปร่างของเชือราชของรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล คันที่ 1.....	145
ค-3.8 ลักษณะรูปร่างของเชือราชของรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล คันที่ 2.....	148
ค-3.9 ลักษณะรูปร่างของเชือราชของรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล คันที่ 3.....	148
ค-3.10 ลักษณะรูปร่างของเชือราชของรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข คันที่ 1.....	148
ค-3.11 ลักษณะรูปร่างของเชือราชของรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข คันที่ 2.....	148
ค-3.12 ลักษณะรูปร่างของเชือราชของรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข คันที่ 3.....	148
ง-1 ข้อมูลทางสถิติของเชือแบคทีเรียภายในและภายนอกรถปรับอากาศสาธารณะทั้ง 4 ประเภท.....	149
ง-2 ข้อมูลทางสถิติของเชือแบคทีเรียทั้ง 6 ขนาด ภายในรถปรับอากาศสาธารณะทั้ง 4 ประเภท.....	150
ง-3 ข้อมูลทางสถิติของเชือแบคทีเรียทั้ง 6 ขนาด ภายนอกรถปรับอากาศสาธารณะทั้ง 4 ประเภท.....	152
ง-4 ข้อมูลทางสถิติของเชือราชภายในและภายนอกรถปรับอากาศสาธารณะทั้ง 4 ประเภท.....	155
ง-5 ข้อมูลทางสถิติของเชือราชทั้ง 6 ขนาด ภายในรถปรับอากาศทั้ง 4 ประเภท.....	156
ง-6 ข้อมูลทางสถิติของเชือราชทั้ง 6 ขนาด ภายนอกรถปรับอากาศทั้ง 4 ประเภท.....	158

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ขนาดของชีวอนุภาคมลสาร.....	4
2.2 สาเหตุและปัจจัยที่ทำให้เกิดการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคาร	13
2.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยละอองเชื้อจุลินทรีย์โดยการพูด ไอ และ จามของคน.....	14
2.4 การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคาร	16
2.5 ผลกระทบของเชื้อจุลินทรีย์ขนาดต่างๆ ต่อระบบทางเดินหายใจ	18
3.1 แผนภูมิขั้นตอนการทดลอง.....	29
3.2 เครื่อง Six-Stage Cascade Impactor	31
3.3 การสอบเทียบอัตราการไหลของเครื่องดูดอากาศ.....	32
3.4 สภาพแวดล้อมภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517.....	34
3.5 สภาพแวดล้อมภายในรถตู้โดยสารสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต.....	35
3.6 สภาพแวดล้อมภายในรถโดยสารส่วนบุคคล.....	35
4.1 การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายใน และภายนอกรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517.....	36
4.2 การแพร่กระจายของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและนอก รถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517.....	37
4.3 การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายใน และภายนอกรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต...	39
4.4 การแพร่กระจายของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคฝุ่นละอองในอากาศภายในและภายนอก รถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต.....	40
4.5 การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและ ภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล.....	41
4.6 การแพร่กระจายของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและภายนอก รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล.....	42
4.7 การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและ ภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข.....	44
4.8 การแพร่กระจายของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและภายนอก รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข.....	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.9	
ลักษณะของเซลล์เชื้อแบคทีเรียในอากาศอายุ 1 วัน ที่คัดแยกได้จากกรดปรับอากาศ ในการติดสีแกรมที่กำลังขยาย 1,000 เท่า.....	48
4.10	
ลักษณะของเส้นใยและสปอร์ของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคฝุ่นละอองอายุ 7 วัน ที่คัด แยกได้จากกรดโดยสารปรับอากาศ กำลังขยาย 400 เท่า.....	57



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์และคำย่อ

คำย่อ	ความหมาย
CFU	Colony Forming Unit
PCR	Polymerase Chain Reaction
DNA	Deoxyribonucleic acid
RNA	Ribonucleic acid
G.M.	Geometric mean
S.D.	Standard deviation
n.d.	Not detected
μm	ไมโครเมตร
$^{\circ}\text{C}$	องศาเซลเซียส
K	เคลวิน
TSA	Tryptone Soya Agar
MEA	Malt Extract Agar



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันปัญหาเรื่องสุขภาพอนามัยเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจของประชาชนในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในอากาศมีอนุภาคขนาดเล็กมากมายหลายชนิดล่องลอยอยู่ เช่น ฝุ่นละออง ละอองเกสรดอกไม้ ก๊าซชนิดต่างๆ และจุลินทรีย์ต่างๆ โดยทั่วไป องค์ประกอบของก๊าซต่างๆ ในบรรยากาศแต่ละแห่งจะค่อนข้างคงที่ มีเพียงไอน้ำและฝุ่นละอองเท่านั้นที่มีปริมาณแตกต่างกัน ส่วนจุลินทรีย์ในอากาศแม้จะพบเพียงเล็กน้อย แต่สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ รวมทั้งก่อให้เกิดโรคในพืชและสัตว์ โดยทั่วไป จุลินทรีย์ในอากาศมักพบในลักษณะที่เกาะกับอนุภาคของละอองเสมหะหรือฝุ่นละอองต่างๆ ที่แขวนลอยในอากาศมีขนาดตั้งแต่ 0.02-100 ไมโครเมตร ซึ่งอาจอยู่ในรูปของเหลว ของแข็ง หรือส่วนผสมระหว่างของเหลวกับของแข็ง

จุลินทรีย์ในอากาศไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ แต่จะอาศัยอากาศเป็นตัวนำในการแพร่กระจายอนุภาคจากบริเวณหนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่ง ซึ่งอากาศที่ปนเปื้อนเกิดได้ทั้งในอากาศกลางแจ้ง (outdoor air) และอากาศภายในตัวอาคาร หรือลักษณะสถานที่แบบปิด (indoor air) อย่างไรก็ตาม พบว่าลักษณะสถานที่แบบปิดมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศมากกว่า (Kim and Kim, 2006) เนื่องจากอากาศถ่ายเทไม่สะดวก จึงเกิดการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ ปัจจุบันมนุษย์ใช้ชีวิตในแต่ละวันอยู่ภายในสถานที่แบบปิดเป็นเวลานาน เช่น ภายในสำนักงาน ภายในรถยนต์ ในบางครั้งยังมีการนำสัตว์เลี้ยงเลี้ยงเข้าไปในรถยนต์ จึงมีโอกาที่จะสัมผัสกับอากาศที่ปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ทั้งที่เกิดจากมลพิษทางอากาศที่กระจายอยู่ทั่วไปในอากาศ หรือเกิดจากการไอจาม การพูดคุยของมนุษย์หรือเชื้อโรคที่เกิดจากสัตว์เลี้ยง ส่งผลให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคภูมิแพ้ เยื่อจมูกอักเสบ โรคหอบหืด โรคปอดบวม และโรคชนิดอื่น ๆ ได้ (Deacon, 2004)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศภายในรถปรับอากาศ โดยทดลองในรถยนต์ปรับอากาศ 4 ประเภท ได้แก่ รถโดยสารประจำทางปรับอากาศ รถตู้โดยสารสาธารณะ รถยนต์ส่วนบุคคล และรถยนต์ส่วนบุคคลที่มีการนำสัตว์เลี้ยงเข้าไปในรถ โดยเก็บตัวอย่างอากาศในรถปรับอากาศ ด้วยเครื่อง Six-Stage Cascade Impactor จากนั้นวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่อยู่บนอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไข ป้องกันปัญหาสุขภาพอนามัยของประชาชนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในรถโดยสารปรับอากาศสาธารณะ และรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล
2. เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในรถโดยสารปรับอากาศสาธารณะ และรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในรถปรับอากาศ 4 ประเภท ได้แก่ รถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 รถตู้โดยสารลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต รถยนต์ส่วนบุคคล และรถยนต์ส่วนบุคคลที่มีส้วมเลี้ยง โดยเก็บตัวอย่างด้วย Six-Stage Cascade Impactor ที่มีขนาดแตกต่างกัน 6 ขนาด คือ > 7.0 , $4.7-7.0$, $3.3-4.7$, $2.1-3.3$, $1.1-2.1$ และ $0.65-1.1$ ไมครอน ที่อัตราการไหล 28.3 ลิตรต่อนาที
2. วิเคราะห์ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptone Soya Agar และปริมาณเชื้อราในอาหาร Malt Extract Agar โดยใช้เทคนิค Total Plate Count
3. จำแนกชนิดของเชื้อแบคทีเรียในระดับสกุล โดยศึกษาลักษณะฟีโนไทป์ เปรียบเทียบกับคู่มือการจัดจำแนกแบคทีเรีย Bergey's manual และศึกษาลักษณะทางจีโนไทป์ด้วยการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนช่วง 16S rDNA
4. จำแนกชนิดของเชื้อราเบื้องต้น โดยศึกษาลักษณะฟีโนไทป์ เปรียบเทียบกับคู่มือการจัดจำแนกเชื้อรา Ainsworth and Baron

1.4 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศของรถโดยสารปรับอากาศสาธารณะ และรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล
2. ทราบชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศของรถโดยสารปรับอากาศสาธารณะ และรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล
3. สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวางแผนป้องกันปัญหาการติดต่อของโรคทางเดินหายใจที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในรถโดยสารปรับอากาศสาธารณะ และรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

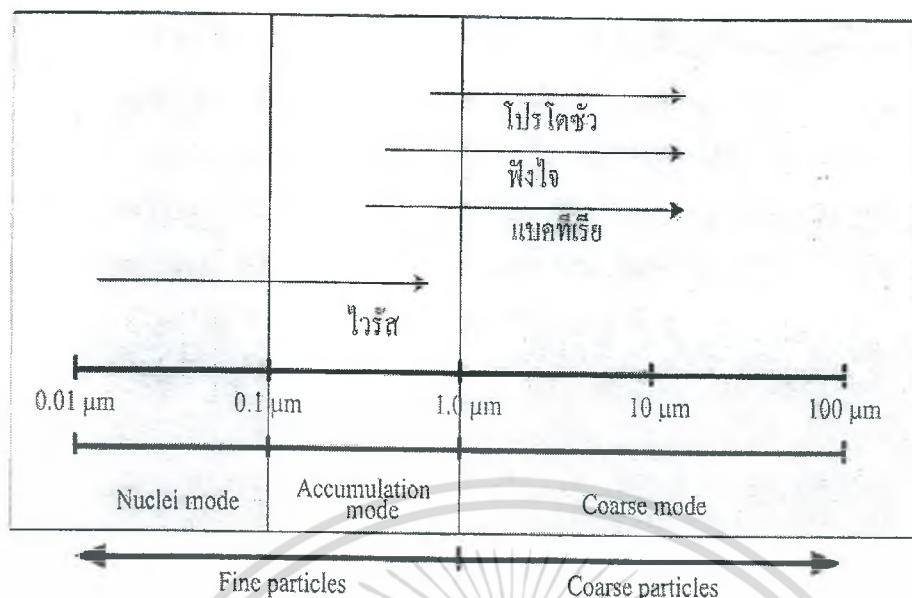
2.1 ประเภทของชีวอนุภาคมลสารในอากาศ

ในอากาศมีอนุภาคขนาดเล็กมากมายหลายชนิดล่องลอยอยู่ ได้แก่ ฝุ่นละออง ละอองเกสร ดอกไม้ สารอินทรีย์ไอรระเหย และจุลินทรีย์ต่างๆ ซึ่งการแพร่กระจายของอนุภาคแขวนลอยเหล่านี้มีลมเป็นตัวช่วยพาให้กระจายไปได้ในระยะทางไกล (Maier *et al.*, 2000) สำหรับการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดและสภาพแวดล้อม เช่น การไอหรือการจามมีผลทำให้จุลินทรีย์สามารถติดต่อไปสู่ผู้อื่นได้ หรือการที่ลมพัดพาเอาจุลินทรีย์จากดิน หรือกองขยะขึ้นมาอยู่ในอากาศ เมื่อจุลินทรีย์แขวนลอยอยู่ในอากาศแล้ว บางชนิดอาจตกสู่พื้นอย่างรวดเร็ว บางชนิดอาจมีชีวิตอยู่นานในอากาศ ขึ้นอยู่กับจุลินทรีย์เหล่านี้เกาะอยู่กับอนุภาคชนิดใดและอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง จุลินทรีย์ที่มีในอากาศ เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ ไวรัส และสปอร์ของเชื้อรา เป็นต้น โดยทั่วไปจุลินทรีย์ในอากาศจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเสียดต่อโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ เช่น เยื่อจมูกอักเสบ โรคภูมิแพ้ โรคหอบหืด และโรคปอดบวม งานวิจัยของ Gorny และคณะ (2002) และ Fracchia และคณะ (2006) พบว่าอากาศภายในอาคารมีการปนเปื้อนของมลสารมากกว่าอากาศภายนอกอาคารจากการที่มนุษย์ใช้เวลาส่วนใหญ่ในแต่ละวันอยู่ภายในอาคาร จึงมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคทางเดินหายใจ จากงานวิจัยของ Pasanen และคณะ (1996) พบว่า จุลินทรีย์ในอากาศไม่ว่าจะเป็นเชื้อแบคทีเรียหรือเชื้อราสามารถพบได้ทั้งในสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกอาคาร ซึ่งประชากรทั่วโลกเกือบ 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นโรคภูมิแพ้ที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ

จุลินทรีย์ในอากาศและสารพิษที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นมักพบอยู่ในลักษณะที่เกาะกับอนุภาคของละอองเสมหะหรือฝุ่นละอองต่างๆแขวนลอยในอากาศมีขนาดตั้งแต่ 0.02-100 ไมโครเมตร เรียกว่าชีวอนุภาคมลสาร (bioaerosols) โดยอาจอยู่ในรูปของของเหลว ของแข็งหรือเป็นส่วนผสมระหว่างของเหลวและของแข็ง ชีวอนุภาคมลสารอาจแบ่งเป็น 3 กลุ่มตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค (Mitchell, 1992) ดังนี้ (รูปที่ 2.1)

- 1) เส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 0.1 ไมโครเมตร (nuclei mode)
- 2) เส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.1-2 ไมโครเมตร (accumulation mode)
- 3) เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 2 ไมโครเมตร (coarse mode)

โดยทั่วไป ชีวอนุภาคมลสารของแบคทีเรียมักมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 ไมโครเมตร เนื่องจากโดยทั่วไปแบคทีเรียมีขนาดประมาณ 0.3-1 ไมโครเมตร อนุภาคดังกล่าวจึงมักประกอบด้วยแบคทีเรียหนึ่งในห้าส่วน



รูปที่ 2.1 ขนาดของชีวอนุภาคมลสาร (ดัดแปลงจาก Maier *et al.*, 2000)

ตารางที่ 2.1 ข้อแตกต่างของ Droplet nuclei และ Dust particle (Zhu *et al.*, 2007)

ลักษณะเด่น	Droplet nuclei	Dust particle
แหล่งกำเนิด	ละอองเสมหะของระบบทางเดินหายใจ การจาม ไอ และพุดคุย	การฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองที่เกิดจากแรงลมหรือแรงกระทำของมนุษย์
ขนาดของอนุภาค	≤ 5 ไมโครเมตร	> 5 ไมโครเมตร
ลักษณะการแขวนลอยในอากาศ	แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานมาก (อัตราการตกลงสู่พื้นโดยเฉลี่ย 1.2 ตร.ซม.ต่อนาที)	ตกลงสู่พื้นผิวต่างๆ ได้เร็ว (อัตราการตกลงสู่พื้นโดยเฉลี่ย 46 ตร.ซม.ต่อนาที)
ชนิดของจุลินทรีย์ต่อ 1 อนุภาค	มักพบจุลินทรีย์ 1 ชนิดต่อ 1 อนุภาค	มักพบจุลินทรีย์หลายชนิดต่อ 1 อนุภาค
เนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้องกับการติดเชื้อ	เข้าสู่ปอดได้ ทำให้เกิดการติดเชื้อของระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง	ตกค้าง และทำให้เกิดการติดเชื้อของระบบทางเดินหายใจส่วนบน
ลักษณะการแพร่กระจาย	ก่อให้เกิดโรคในลักษณะที่ถ่ายทอดจากบุคคลสู่บุคคล	ก่อให้เกิดโรคในลักษณะที่เกี่ยวข้องกับสถานที่ที่เป็นแหล่งสะสมของเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของชีวอนุภาคมลสารแบ่งออกเป็น 2 ประเภท (Mitchell, 1992) ได้แก่

- 1) Droplet nuclei คือ ชีวอนุภาคมลสารของละอองเสมหะที่เกิดจากการจาม ไอ หรือการพูดคุยของมนุษย์ สามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อหากเกิดจากการจาม ไอ หรือการพูดคุยของผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ เนื่องจากเชื้อโรคนใน droplet nuclei สามารถลอยอยู่ในอากาศและมีชีวิตอยู่ในระยะเวลาหนึ่งจากการห่อหุ้มของละอองเสมหะ
- 2) Dust particle คือ ชีวอนุภาคมลสารที่จับกับฝุ่นละอองที่เกิดจากแรงลมหรือแรงกระทำของมนุษย์ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากแหล่งต่างๆ และจะตกลงสู่พื้นได้ง่าย ชีวอนุภาคมลสารทั้งสองชนิดนี้มีชื่อแตกต่างกันหลายประการ ซึ่งสามารถสรุปดังตารางที่ 2.1

2.1.1 แบคทีเรีย (Bacteria)

เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก โดยทั่วไปจะมีขนาดประมาณ 0.5 ถึง 5.0 ไมครอน ส่วนใหญ่มีเซลล์เดียวและโครงสร้างเซลล์ไม่ซับซ้อนมากนัก รูปร่างของแบคทีเรียมีหลากหลายแบบ ทั้งชนิดแบบกลม แบบท่อน และแบบเกลียว ซึ่งจะมีการจัดเรียงเซลล์ที่แตกต่างกันไปในแต่ละแบบ แบคทีเรียดำรงชีวิตอยู่ได้ทุกหนทุกแห่งในโลก ไม่ว่าจะเป็นในพื้นดิน ในน้ำ ในอากาศ ลึกลงไปได้ผิวโลก หรือแม้กระทั่งอาศัยอยู่ในร่างของสิ่งมีชีวิตไม่ว่าพืชหรือสัตว์ แบคทีเรียบางชนิดสามารถมีชีวิตอยู่ในสภาวะไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตได้โดยการสร้างเอนโดสปอร์ ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีความแข็งแรง และทนทานต่อสภาวะแวดล้อมทั้งทางกายภาพและเคมี เช่น ทนต่อความร้อนและความดันสูง ผงซักฟอก น้ำยาฆ่าเชื้อ และรังสีอัลตราไวโอเล็ต เป็นต้น เมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม เอนโดสปอร์จะดูดซับน้ำและเจริญเป็นแบคทีเรียใหม่ได้อีกครั้ง แบคทีเรียบางชนิดสามารถดำรงชีวิตภายใต้สภาวะเอนโดสปอร์ได้มากกว่าหนึ่งร้อยปี แบคทีเรียบางชนิดมีประโยชน์ต่อกระบวนการย่อยสลายในห่วงโซ่อาหาร ในอุตสาหกรรมมีการใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียในการย่อยสลายสิ่งปฏิกูล และกระบวนการบำบัดน้ำเสีย นอกจากนี้ ในอุตสาหกรรมอาหารก็นำแบคทีเรียมาใช้ในกระบวนการหมักชีส และโยเกิร์ต อย่างไรก็ตาม มีแบคทีเรียบางประเภทที่เป็นอันตรายและก่อให้เกิดโรคติดเชื้อ เช่น โรคซิฟิลิส โรคแอนแทรกซ์ รวมทั้งโรคติดเชื้อทางเดินหายใจโดยเฉพาะอย่างยิ่ง วัณโรคที่คร่าชีวิตคนกว่าสองล้านคนต่อปี (Nicole *et al.*, 2001) โดยทั่วไป การก่อให้เกิดโรคของเชื้อจุลินทรีย์ขึ้นกับปัจจัย 6 ประการ ดังนี้ (Kowalski and Bahnfleth, 1998)

- 1) สภาวะภูมิคุ้มกันของแต่ละคน
- 2) ระยะเวลาในการได้รับหรือสัมผัสกับเชื้อจุลินทรีย์
- 3) ปริมาณและความเข้มข้นของเชื้อที่ได้รับ
- 4) ความรุนแรงของเชื้อ
- 5) อัตราการหายใจ
- 6) ช่องทางการได้รับเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำแนกกลุ่มของเชื้อแบคทีเรียที่เรียงตามความสามารถในการติดต่อโรค สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม (Kowalski and Bahnfleth, 1998) ดังนี้

- 1) เชื้อแบคทีเรียที่สามารถติดต่อจากคนสู่คนทางระบบทางเดินหายใจ (Communicable respiratory pathogens)
- 2) เชื้อแบคทีเรียฉวยโอกาสที่ปกติจะไม่ติดต่อ เว้นแต่บุคคลจะอยู่ในสภาพที่อ่อนแอ (Primary nosocomial)
- 3) เชื้อแบคทีเรียที่ไม่ติดต่อจากคนสู่คนทางระบบทางเดินหายใจ (Non-communicable respiratory pathogens) ซึ่งมักจะเป็นสาเหตุหลักของการติดเชื้อจากสถานที่แบบปิด (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 ชนิดของเชื้อแบคทีเรียในอากาศ (Kowalski and Bahnfleth, 1998)

จุลินทรีย์	ก่อให้เกิดโรค	แหล่งที่มา	ขนาด (µm)	หมายเหตุ
เชื้อแบคทีเรียที่สามารถติดต่อจากคนสู่คนทางระบบทางเดินหายใจ				
<i>Chlamydia pneumoniae</i>	Pneumonia, Bronchitis	Humans	0.3	N
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	TB	Humans	0.86	F, N
<i>Yersinia pestis</i>	Pneumonic plague	Rodents	0.75	F
เชื้อแบคทีเรียฉวยโอกาสที่ปกติจะไม่ติดต่อ เว้นแต่บุคคลจะอยู่ในสภาพที่อ่อนแอ				
<i>Acinetobacter</i> spp.	Opportunistic infections	Environment	1.3	E, N
<i>Actinomyces israelii</i>	Actinomycosis	Humans	1	E, N
<i>Alkaligenes</i> spp.	Opportunistic infections	Humans	0.75	E, N
<i>Bordetella pertussis</i>	Whooping cough	Humans	0.25	E, N
<i>Cardiobacterium</i> spp.	Opportunistic infections	Humans	0.63	E, N
<i>Corynebacteria diphtheria</i>	Diphtheria	Humans	1	E, N
<i>Haemophilus influenzae</i>	Meningitis, pneumonia	Humans	0.43	E, N, F
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Opportunistic infections	Environment	0.4	E, N
<i>Haemophilus parainfluenza</i>	Opportunistic infections	Humans	1	E, N
<i>Moraxella catarrhalis</i>	Opportunistic infections	Humans	1.3	E, N
<i>Mycobacterium avium</i>	Cavitary pulmonary dis.	Environment	1.2	N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) ชนิดของเชื้อแบคทีเรียในอากาศ (Kowalski and Bahnfleth, 1998)

จุลินทรีย์	ก่อให้เกิดโรค	แหล่งที่มา	ขนาด (µm)	หมายเหตุ
<i>Neisseria meningitides</i>	Meningitis	Humans	0.8	E, N, F
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Opportunistic infections	Environment	0.57	N
<i>Pseudomonas mallei</i>	Opportunistic infections	Environment	0.77	N
<i>Pseudomonas pseudomallei</i>	Opportunistic infections	Environment	0.57	N
<i>Serratia marcescens</i>	Opportunistic infections	Environment	1.3	E, N
<i>Staphylococcus aureus</i>	Opportunistic infections	Humans	1	E, N
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	Pneumonia, otitis media	Humans	0.9	E, N, F
<i>Streptococcus pyogenes</i>	Scarlet, fever, pharyngitis	Humans	0.9	N
เชื้อแบคทีเรียที่ไม่ติดต่อกันจากคนสู่คนทางระบบทางเดินหายใจ				
<i>Bacillus anthracis</i>	Anthrax	Cattle, sheep	1.1	S, F
<i>Chlamydia psittaci</i>	Psittacosis	Birds	0.3	-
<i>Coxiella burnetii</i>	Q fever	Cattle, sheep	0.5	-
<i>Francisella tularensis</i>	Tularemia	Wild animals	0.2	F
<i>Legionella pneumophila</i>	LD, Pontiac fever	Environment	0.6	F, N
<i>Mycobacterium intracellulare</i>	Cavitary pulmonary dis.	Environment	1.2	-
<i>Mycobacterium kansasii</i>	Cavitary pulmonary dis.	Unknown	0.86	-

หมายเหตุ : F = Fatalities occur (Excluding Nosocomial) N = Nosocomial S = Spores

E = Endogenous, common as human flora

2.1.2 รา (Fungi)

เป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ มีขนาดเล็ก ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มีโครงสร้างเป็นลักษณะรูปตาข่าย รมีจำนวนสายพันธุ์มากกว่า 100,000 สายพันธุ์ สามารถพบได้หลากหลายสี มีทั้งสีขาว สีเขียว สีแดง และสีดำ ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ การดำรงชีวิตของราต้องอาศัยน้ำ คาร์บอน ไนโตรเจน และสารอาหารบางชนิดในการดำรงชีวิตและเจริญเติบโต ราชายพันธุ์โดยอาศัยสปอร์ที่ล่องลอยไปตามอากาศและไปตกในที่ที่สภาวะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ รวมทั้งมีแหล่งอาหารที่ดี อุณหภูมิประมาณ 20-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ ยังพบว่าในที่ที่แสงแดดส่องไม่ถึงและมีการระบายอากาศไม่ดีจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เชื้อราเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว

เชื้อราบางกลุ่มสามารถสร้างสปอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่าเชื้อทั่วไปและยากต่อการทำลาย การจำแนกกลุ่มของเชื้อราตามความสามารถในการติดต่อโรค สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม (Kowalski and Bahnfleth, 1998)

1) เชื้อราฉวยโอกาสที่ปกติจะไม่ติดต่อ เว้นแต่บุคคลจะอยู่ในสภาพที่อ่อนแอ (Primary nosocomial)

2) เชื้อราที่ไม่ติดต่อจากคนสู่คนทางระบบทางเดินหายใจ (Non-communicable respiratory pathogens) ซึ่งมักจะเป็นสาเหตุหลักของการติดเชื้อจากสถานที่แบบปิด (ตารางที่ 2.3)

ตารางที่ 2.3 ชนิดของเชื้อราในอากาศ (Kowalski and Bahnfleth, 1998)

จุลินทรีย์	ก่อให้เกิดโรค	แหล่งที่มา	ขนาด (µm)	หมายเหตุ
เชื้อราฉวยโอกาสที่ปกติจะไม่ติดต่อ เว้นแต่บุคคลจะอยู่ในสภาพที่อ่อนแอ				
<i>Pneumocystis carinii</i>	Pneumocystosis	Environment	2	S, N
<i>Cryptococcus neoformans</i>	Cryptococcosis	Environment	5.5	S, N
เชื้อราที่ไม่ติดต่อจากคนสู่คนทางระบบทางเดินหายใจ				
<i>Absidia corymbifera</i>	Zygomycosis	Environment	3.8	S
<i>Acremonium spp.</i>	potential EAA	Environment	2.5	S
<i>Aureobasidium pullulans</i>	Chromomycosis, EAA	Environment	5	S
<i>Alternaria alternate</i>	Mycotoxycosis	Environment	14.4	S
<i>Blastomyces dermatitidis</i>	Blastomycosis	Environment	14	S, N
<i>Botrytis cinera</i>	EAA	Environment	7	S
<i>Chaetomium globosum</i>	Chromomycosis, VOC	Environment	5.5	S
<i>Cladosporium spp.</i>	Chromoblastomycosis	Environment	9	S
<i>Coccidioides immitis</i>	Coccidioidomycosis	Environment	4	S, N
<i>Emericella nidulans</i>	Potential mycotoxycosis	Environment	3.3	S
<i>Epicoccum nigrum</i>	Potential EAA	Environment	20	S
<i>Eurotium spp.</i>	EAA	Environment	5.8	S
<i>Exophiala jeanselmei</i>	Chromomycosis	Environment	2	S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) ชนิดของเชื้อราในอากาศ (Kowalski and Bahnfleth, 1998)

จุลินทรีย์	ก่อให้เกิดโรค	แหล่งที่มา	ขนาด (μm)	หมายเหตุ
เชื้อราที่ไม่ติดต่อกับคนสู่คนทางระบบทางเดินหายใจ				
<i>Fusarium spp.</i>	Mycotoxycosis, VOC	Environment	11.5	S
<i>Geomyces pannorum</i>	EAA	Environment	3	S
<i>Helminthosporium</i>	EAA	Environment	12.5	S
<i>Histoplasma capsulatum</i>	Histoplasmosis	Environment	3	S, N
<i>Mucor plumbeus</i>	Mucomycosis	Environment	7.5	S, N
<i>Paecilomyces variotii</i>	Mycotoxycosis	Environment	3	S
เชื้อราที่ไม่ติดต่อกับคนสู่คนทางระบบทางเดินหายใจ				
<i>Paracoccidioides brasiliensis</i>	Paracoccidioidomycosis	Environment	23	S
<i>Penicillium spp.</i>	Mycotoxycosis, VOC	Environment	3.3	S
<i>Phialophora spp.</i>	Chromomycosis	Environment	1.5	S
<i>Phoma spp.</i>	Mycotoxycosis	Environment	3.3	S
<i>Rhizomucor pusillus</i>	Zygomycosis	Environment	4.3	S
<i>Rhizopus stolonifer</i>	Zygomycosis	Environment	8	S, N
<i>Rhodoturula spp.</i>	Potential EAA	Environment	14	S
<i>Sporothrix schenckii</i>	Sporotrichosis	Environment	6.5	S
<i>Scopulariopsis spp.</i>	Onychomycosis	Environment	6	S
<i>Stachybotrys spp.</i>	Stachybotryotoxycosis	Environment	5.7	S, F
<i>Trichoderma spp.</i>	Mycotoxycosis, VOC	Environment	4.1	S
<i>Ulocladium spp.</i>	EAA	Environment	15	S
<i>Wallemia sebi</i>	EAA	Environment	3	S

หมายเหตุ : F = Fatalities occur (Excluding Nosocomial) N = Nosocomial S = Spores

E = Endogenous, common as human flora EAA = Extrinsic allergic alveolitis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์ในอากาศกลางแจ้ง ที่พบเป็นแบคทีเรียและเชื้อราเป็นส่วนใหญ่ อากาศบนบกพบแบคทีเรียกลุ่มแกรมบวก ท่อน สร้างสปอร์ หรือไม่ก็เป็นพวกรูปร่างกลม ขณะที่อากาศเหนือทะเลพบแบคทีเรียแกรมลบเป็นส่วนใหญ่ (ตารางที่ 2.4) ชนิดของจุลินทรีย์และปริมาณที่พบในอากาศชั้น Troposphere ของทวีปอเมริกาเหนือ มีแบคทีเรียไม่กี่ประเภทที่จะทนต่อความแห้งแล้งและการสัมผัสกับแสงอาทิตย์ ส่วนใหญ่เป็นพวกดำรงชีวิตแบบ Saprophytic รูปร่างเป็นแท่งมีสปอร์ เช่น *Bacillus subtilis* ที่ไม่สร้างสปอร์รูปร่างกลม เช่น *Sarcina* sp. นอกจากนี้ ยังมีพวก *Corynebacteria* ที่ไม่เป็นโรค พวกที่สร้างรงควัตถุแต่ไม่สร้างสปอร์ เช่น *Serratia* sp. ส่วนอากาศในตัวอาคารสถานที่ที่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์สูง เช่น โรงพยาบาล โรงภาพยนตร์ โรงเรียน มักพบแบคทีเรียที่เกิดจากระบบทางเดินหายใจมาก เช่น *Streptococcus* spp., *Pneumococcus* spp., *Staphylococcus* spp., *Mycobacterium* spp., *Tuberculosis* spp. เชื้อเหล่านี้มีลักษณะเป็นอนุภาคขนาดเล็ก 2 – 5 ไมโครเมตร เรียก Droplet nuclei เป็นจุลินทรีย์ที่ปะปนมากับน้ำลายและเมือก มีชีวิตอยู่ได้นาน และเนื่องจากขนาดเล็กมาก ทำให้เมือกที่หุ้มไว้แห้งเสียก่อนที่จะตกลงสู่พื้นจึงเบาและลอยอยู่ได้นาน มีสภาพเป็นเกราะป้องกันเซลล์ที่อยู่ภายใน ได้เป็นอย่างดี (Yassin and Almouqatea, 2010)

ตารางที่ 2.4 ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่พบในบรรยากาศ (Yang and Heinsohn, 2007)

ชนิดของจุลินทรีย์	เปอร์เซ็นต์
Bacteria	
Gram-positive pleomorphic rods	20
Gram-negative rods	5
Endospore formers	35
Gram-positive cocci	40
Fungi	
<i>Cladosporium</i> spp.	80
<i>Alternaria</i> spp.	5
<i>Penicillium</i> spp.	2
Other (e.g. <i>Aspergillus</i> spp., <i>Chaetomium</i> spp., <i>Dematium</i> spp., <i>Fumago</i> spp., <i>Fusarium</i> spp., <i>Helminthosporium</i> spp., <i>Sclerotinia</i> spp., <i>Stachybotrys</i> spp., <i>Trichoderma</i> spp., <i>Verticillium</i> spp.)	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 แหล่งกำเนิดของชีวอนุภาคมลสาร

แหล่งกำเนิดของชีวอนุภาคมลสารจำแนกออกเป็น 2 ประเภท (Jo และ Seo, 2005) คือ

2.2.1 แหล่งกำเนิดจากสิ่งแวดล้อมภายนอกอาคาร (outdoor sources) เกิดจาก

- 1) การเกษตรกรรม เช่น กิจกรรมการเก็บเกี่ยวทางการเกษตร การเพาะเลี้ยงสัตว์ การหมักปุ๋ย
- 2) ระบบบำบัดของเสีย เช่น ถังเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียที่มีการเติมอากาศที่ผิวน้ำบ่อหมักตะกอน ถังเติมอากาศของระบบโปรยกรอง ถานตากตะกอน บ่อฝังกลบขยะมูลฝอย และการนำน้ำกลับมาใช้

2.2.2 แหล่งกำเนิดจากสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร (indoor sources)

ได้แก่ บ้านพักอาศัย อาคารสำนักงาน โรงเรียน โรงภาพยนตร์ โรงพยาบาล โรงงานรถยนต์โดยสาร อุตสาหกรรมหรือโกดังเก็บผลผลิตทางการเกษตรจัดเป็นบริเวณที่มีอากาศค่อนข้างปิด มีแหล่งกำเนิดของชีวอนุภาคมลสารที่สำคัญ ได้แก่

- 1) การจาม ไอและพูดคุย การจามอาจก่อให้เกิด 10^6 droplet nuclei ในขณะที่การพูดคุยและการไออาจก่อให้เกิด 10^4 droplet nuclei
- 2) วัสดุก่อสร้างและเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ได้แก่ ผนังหรือเพดานห้องทั้งที่เป็นวอลเปเปอร์หรือทาสี พรม และพื้นผิววัสดุต่างๆในห้องที่มีเครื่องปรับอากาศ
- 3) กิจกรรมต่างๆภายในอาคาร เช่น การทำความสะอาดอาคาร การเดิน การวิ่ง และการผลิตสินค้าของโรงงานอุตสาหกรรม

รถยนต์ปรับอากาศ จัดเป็นแหล่งกำเนิดของชีวอนุภาคมลสารจากสิ่งแวดล้อมภายในอาคารประเภทหนึ่ง จุลินทรีย์ที่เกิดจากการจาม ไอ และพูดคุยของคนขับรถยนต์และผู้โดยสาร หรือเกิดจากสัตว์เลี้ยง จะสะสมอยู่บนเบาะ พรมหรือระบบปรับอากาศของรถยนต์ ทำให้เกิดการติดต่อกับโรคได้

2.3 การแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ

กลุ่มก๊าซต่างๆ ในบรรยากาศรอบโลก ทำหน้าที่ช่วยกรองแสงและลดความร้อนจากแสงอาทิตย์บนพื้นโลก อย่างไรก็ตาม บรรยากาศขาดแคลนน้ำที่สิ่งมีชีวิตต้องการจึงเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะต่อการมีชีวิตรอยู่และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงไม่มีแบคทีเรียประจำถิ่นในอากาศ อย่างไรก็ตาม ในบรรยากาศหรืออากาศสามารถพบจุลินทรีย์ได้ โดยมาจากฝุ่นละอองบนพื้นดิน สิ่งขับถ่าย จุลินทรีย์ในอากาศมีความสำคัญในฐานะเป็นตัวปนเปื้อนในอาหาร อุตสาหกรรมต่างๆ ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา และเป็นสาเหตุของการติดเชื้อของสิ่งมีชีวิต อนุภาคขนาดเล็กที่เรียกว่า Droplet อาจเป็นแหล่งของเชื้อโรคในอากาศ แบคทีเรียในปากโดยการไอหรือจามทำให้เกิด

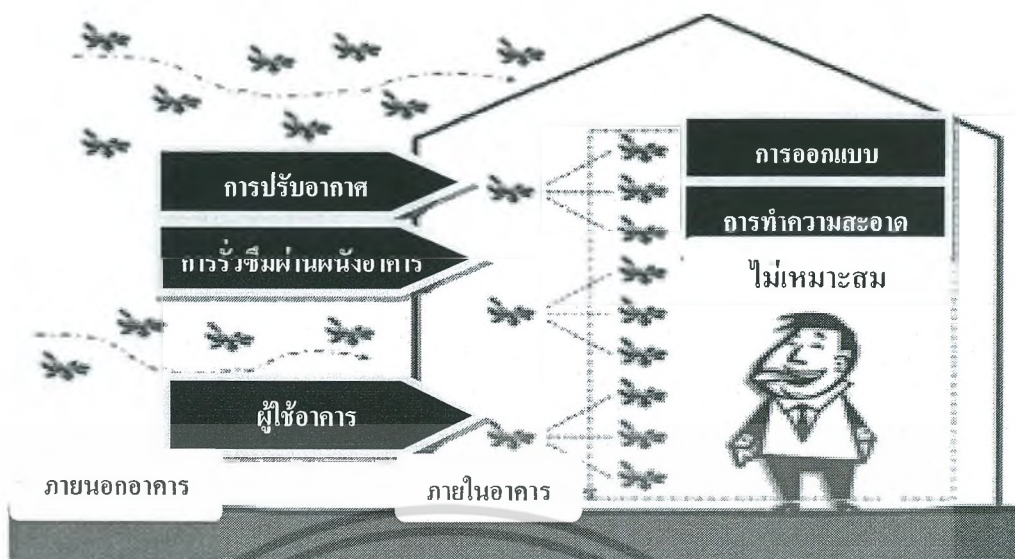
Droplet แพร่กระจายสู่บรรยากาศมีรัศมีถึง 12 ฟุต แบคทีเรียพวก *Tubercle bacilli* มีชีวิตเป็นเดือนในฝุ่นละอองและกระจายสู่อากาศ ทั้งแบคทีเรียและไวรัสมีเมือกหรือเปลือกหุ้มและเนื่องจากมีขนาดเล็กมากจึงลอยอยู่ในอากาศได้นานกว่าจะตกสู่พื้น อาจเป็นเวลาหลายชั่วโมงหรือเป็นวัน เชื้อหวัด ไอกรน หัด คอตีบ วัณโรค และเชื้อโรคของระบบทางเดินหายใจอื่นๆจะแพร่ในลักษณะ Droplet (Kim *et al.*, 2009) การแพร่เชื้อราในอากาศอยู่ในรูปของสปอร์ เชื้ออนุภาคมลสารพบเฉพาะในบรรยากาศชั้นโทรโปสเฟียร์ ที่มนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆอาศัยอยู่เท่านั้น จุลินทรีย์ที่พบส่วนมาก ได้แก่ เชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส ส่วนสาหร่าย โปรโตซัว และยีสต์โดยทั่วไปพบน้อยมาก ชนิดของจุลินทรีย์ที่พบในอากาศจะแตกต่างกันในแต่ละสถานที่ การแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 2 ประการ (ดวงพร, 2545) ได้แก่

1) ลักษณะทางสภาพแวดล้อมของอากาศประกอบด้วย ความเร็วลม ความชื้นและอุณหภูมิของอากาศ ความเร็วลมมีผลให้เชื้ออนุภาคมลสารยังคงแขวนลอยและแพร่กระจายไปได้ไกลในอากาศหรือตกลงสู่พื้นผิวต่างๆ ส่วนความชื้นและอุณหภูมิของอากาศมีผลโดยตรงต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ในอากาศ พบว่าอากาศในฤดูร้อนจะมีแบคทีเรียมากกว่าในฤดูหนาว (Salonen *et al.*, 2007)

2) ลักษณะทางกายภาพของเชื้ออนุภาคมลสารประกอบด้วย ขนาด ความหนาแน่น และรูปร่างของเชื้ออนุภาคมลสาร เชื้ออนุภาคมลสารที่มีขนาดมากกว่า 6 ไมโครเมตร จะตกลงสู่พื้นได้เร็วและจะตกค้างอยู่ตามระบบทางเดินหายใจส่วนบน เช่น จมูกและหลอดลม ส่วนขนาดประมาณ 6 ไมโครเมตรสามารถเข้าถึงปอดได้ และขนาดเล็กกว่า 6 ไมโครเมตร สามารถเข้าสู่ถุงลมปอดได้

2.4 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการสะสมของจุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคาร

ปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการสะสมของจุลินทรีย์ในอาคาร (รูปที่ 2.2) ได้แก่ การรับเชื้อจุลินทรีย์จากภายนอกอาคาร การปนเปื้อนมากับผู้ใช้อาคาร และสภาพแวดล้อมภายในอาคารที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ โดยสิ่งเหล่านี้เกิดจากการทำกิจกรรมในแต่ละวันของผู้ใช้อาคาร (Venkateswaran *et al.*, 2003., Gorny, 2004 และ Stetzenbach *et al.*, 2007)



รูปที่ 2.2 สาเหตุและปัจจัยที่ทำให้เกิดการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคาร

(Jareemit *et al.*, 2006)

2.4.1 การรับเชื้อจุลินทรีย์จากภายนอกอาคาร

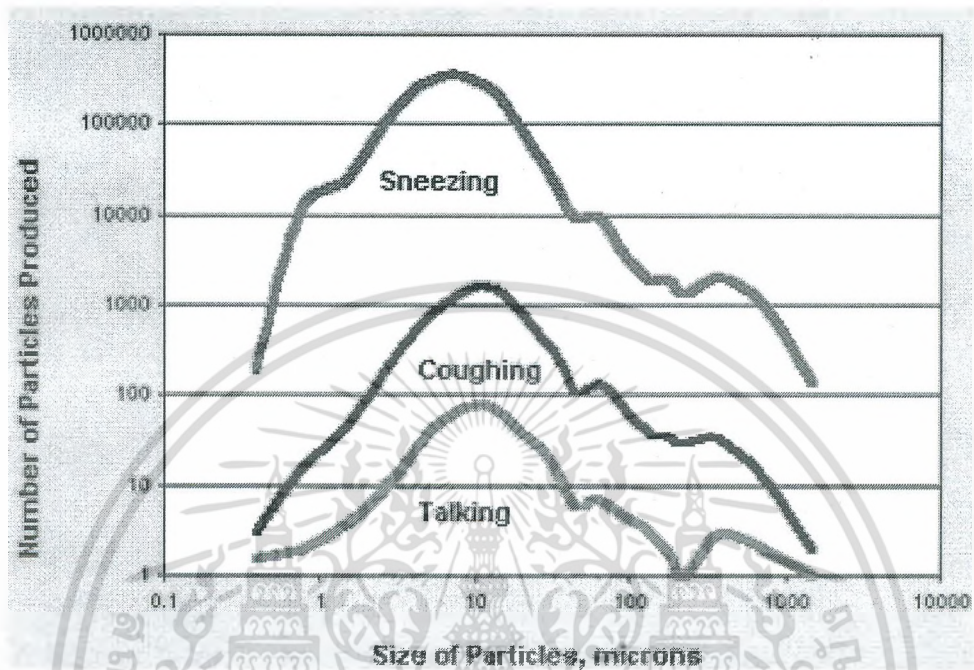
การสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคาร ส่วนหนึ่งเกิดจากกระบวนการถ่ายเทอากาศจากภายนอกเข้ามาภายในอาคาร อาคารหลายแห่งได้รับการออกแบบและติดตั้งตำแหน่งช่องนำอากาศบริสุทธิ์ ที่จะเข้ามาในอาคารให้อยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดเชื้อจุลินทรีย์ เช่น หอผึ่งเย็น (หอระบายความร้อน) หรือบริเวณที่มีการขนถ่ายขยะ เมื่อมีลมพัดผ่านในพื้นที่ดังกล่าว ลมอาจพัดพาเอาละอองของเชื้อจุลินทรีย์เข้าสู่ภายในอาคารได้ ทำให้อากาศที่ได้รับเข้ามานั้นแทนที่จะเป็นอากาศดี กลับกลายเป็นอากาศที่มีการปนเปื้อน ดังนั้นการพิจารณาตำแหน่งของช่องนำอากาศภายนอกเข้ามาภายในอาคารควรคำนึงถึงสภาพแวดล้อมของตำแหน่งที่ติดตั้ง ซึ่งควรอยู่ห่างจากบริเวณที่ปล่อยมลพิษหรือแหล่งสะสมของมลพิษให้มากที่สุด นอกจากนี้ การรับเชื้อจุลินทรีย์เข้ามาในอาคาร อาจเกิดจากการเปิดประตู หน้าต่าง หรือเกิดจากการรั่วซึมของอากาศผ่านรอยรั่วของกรอบประตู หรือหน้าต่าง

2.4.2 การปนเปื้อนมาจากผู้ใช้อาคาร

สาเหตุของการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคาร ส่วนหนึ่งเกิดจากผู้ใช้อาคารเป็นหลัก เชื้อจุลินทรีย์จากภายนอกอาคารอาจปนเปื้อนมาในรูปของฝุ่นที่ติดมากับเสื้อผ้า เซลล์ผิวหนัง และรองเท้าของคนในอาคารเอง Kay (1991) กล่าวว่า เซลล์ผิวหนังของมนุษย์จะหลุดร่วงประมาณ 7 ล้านเซลล์ต่อนาที ซึ่งมากพอสำหรับการเพิ่มปริมาณการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคารได้ จากเหตุผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าคนที่เข้ามาในอาคารมีโอกาสเป็นพาหะนำโรคได้เช่นกัน นอกจากการปนเปื้อนมาในรูปของฝุ่นแล้ว เชื้อจุลินทรีย์ในร่างกายของคนป่วยจะถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกโดยการพูดคุย จาม หรือไอ (รูปที่ 2.3) คนที่จามจะปล่อยเชื้อจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด 1-100 ไมครอน ออกสู่อากาศภายนอกได้ถึง 10,000-150,000 อนุภาค (Kowalski และ Bahnfleth, 1998) สำหรับการจามที่ปล่อยเชื้อจุลินทรีย์ออกมาในรูปของของเหลวจะมีระยะทางไกล 3 ฟุต ซึ่งมีระยะทางการแพร่เชื้อจุลินทรีย์สั้นกว่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับฝุ่นที่ลอยในอากาศ



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยละอองเชื้อจุลินทรีย์ โดยการพูด ไอ และจามของคน (Kowalski และ Bahnfleth, 1998)

2.4.3 ความเหมาะสมของสภาพแวดล้อมภายในอาคาร

Kowalski and Bahnfleth (1998) กล่าวว่า ถึงแม้ว่าสปอร์ของราและแบคทีเรียที่อยู่ในอาคารมาจากอากาศภายนอกอาคาร แต่เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้จะมีการเพิ่มจำนวนมากขึ้น ถ้าสิ่งแวดล้อมภายในอาคารมีความเหมาะสม เหตุผลอีกประการหนึ่งที่ส่งเสริมให้ภายในอาคารมีการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์มากกว่าภายนอกอาคาร คือ ปัจจัยเรื่องแสงแดด แสงแดดจากดวงอาทิตย์สามารถทำลายเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ภายในเวลา 0.5-1.0 นาที ดังนั้นคนที่อยู่ภายในอาคารจึงมีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคติดเชื้อได้มากกว่าคนที่อยู่ภายนอกอาคาร การที่เชื้อจุลินทรีย์เข้ามาในอาคารและไม่มีการถ่ายเทออกสู่อากาศภายนอกได้ ปริมาณการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคารจึงมีเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ และสภาพแวดล้อมภายในอาคารนี้เองที่เป็นปัจจัยสำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่เอื้อให้เกิดการเพาะพันธุ์และเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ได้เช่นกัน

ปัจจัยทางสภาพอากาศที่ส่งเสริมให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์แบ่งออกเป็น 4 ปัจจัย (Mohr, 2002) ดังนี้

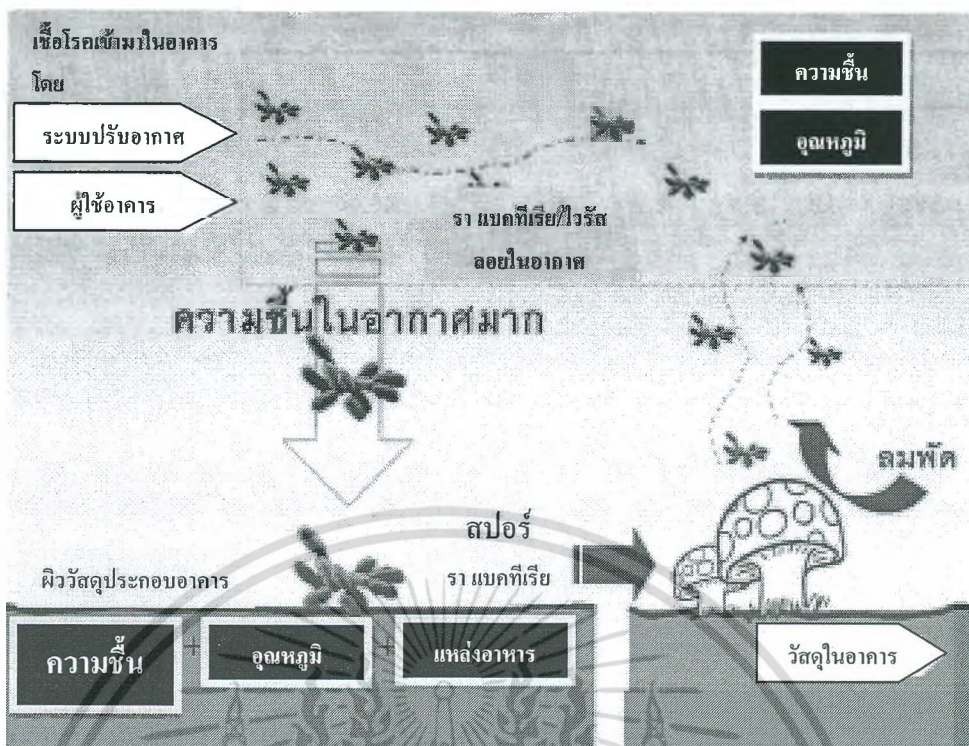
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ความชื้น การแลกเปลี่ยนอากาศจากภายนอกเข้ามาในอาคารส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความชื้นภายในอาคาร ความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ จากการศึกษาพบว่า เชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดเจริญเติบโตที่ระดับความชื้นแตกต่างกัน เชื้อราและแบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีความชื้นสูง ACGIH* (1986) กล่าวว่า เชื้อจุลินทรีย์เกือบทุกประเภทจะมีการเจริญเติบโตต่ำที่สุดอยู่ในช่วงความชื้นร้อยละ 40-60

2) อุณหภูมิ เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ให้ตายได้ เชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในคนส่วนใหญ่จัดอยู่ในประเภท Mesophiles ซึ่งเจริญเติบโตที่อุณหภูมิระหว่าง 25-40 องศาเซลเซียส และเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิระหว่าง 30-40 องศาเซลเซียส และสามารถตายในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงมาก (Black, 1999) สำหรับค่าอุณหภูมิอากาศปกตินั้นไม่สามารถฆ่าเชื้อโรคให้ตายได้ แต่จะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรคให้ช้าลงเท่านั้น

3) การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ประกอบไปด้วยคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นช่วงต่าง ๆ มากมาย สำหรับช่วงของคลื่นแสงที่สามารถฆ่าหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้นั้น คือ ช่วงคลื่นแสงยูวี-ซี ซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 253.7 นาโนเมตร หลอดยูวีที่ใช้ภายในอาคารจึงไม่นิยมติดตั้งไว้ภายในห้องที่มีคนอยู่ แต่นิยมติดตั้งที่ระบบปรับอากาศเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่กักเก็บและกรองฝุ่นและเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศที่หมุนเวียนภายในอาคาร นอกจากนี้ อัตราการตายของเชื้อจุลินทรีย์ ยังขึ้นอยู่กับความเร็วของเชื้อจุลินทรีย์ที่เคลื่อนที่ผ่านรังสียูวี เชื้อจุลินทรีย์ที่เคลื่อนที่ผ่านรังสียูวีเร็ว จะมีอัตราการตายที่น้อยกว่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เคลื่อนที่ช้า ด้วยเหตุผลนี้การใช้รังสียูวีจึงไม่สามารถฆ่าเชื้อโรคที่ลอยอยู่ในอากาศได้ทั้งหมด

4) ออกซิเจนในอากาศ เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต แต่ออกซิเจนเป็นปัจจัยที่ส่งผลน้อยมากเมื่อเทียบกับปัจจัยด้านอุณหภูมิและความชื้น เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์บางประเภท สามารถเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้นในสภาพแวดล้อมที่ไม่มีออกซิเจนได้ เมื่อพิจารณาวงจรการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคาร พบว่า ความชื้นจะจับตัวกับเชื้อจุลินทรีย์ที่ลอยอยู่ในอากาศ ทำให้เชื้อจุลินทรีย์มีน้ำหนักมากขึ้น และเริ่มตกลงบนพื้นผิวเครื่องใช้ต่าง ๆ ซึ่งวัสดุส่วนใหญ่มีสารประกอบประเภทเซลลูโลสและคาร์บอนที่เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของเชื้อจุลินทรีย์ ถ้าพื้นผิววัสดุนั้นมีความชื้นที่เหมาะสม จะส่งเสริมให้เชื้อจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้น เมื่อมีลมพัดผ่านในบริเวณนั้น ลมจะพัดพาเอาเชื้อจุลินทรีย์ที่สะสมตามพื้นผิววัสดุเครื่องใช้กลับขึ้นมาลอยอยู่ในอากาศอีกครั้ง (รูปที่ 2.4) ดังนั้น การควบคุมหรือยับยั้งการแพร่ระบาดของเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคาร นอกจากการให้แสงแดดส่องเข้ามาในอาคาร การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในห้อง ยังเป็นอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคารได้



รูปที่ 2.4 การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคาร (Jareemit et al., 2006)

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น จึงมีสภาวะอากาศที่มีความชื้นสูง ซึ่งช่วงความชื้นสัมพัทธ์ที่มีผลต่อการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ คือระดับความชื้นสัมพัทธ์ที่เกินกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ การแก้ปัญหาของเชื้อราที่ดีที่สุดคือ การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไม่ให้เกิน 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะทำให้เชื้อราไม่สามารถเติบโตและขยายพันธุ์ได้ในระดับที่เป็นอันตราย นอกจากนี้ ควรลดวัสดุที่เป็นแหล่งอาหารของรา เช่น ฝุ่น ผ้าเปียก กระดาษ พรม และวอลล์เปเปอร์ เป็นต้น (Meklin et al., 2002) ส่วนแนวทางแก้ปัญหาเชื้อแบคทีเรียเบื้องต้นคือ การควบคุมความชื้นไม่ให้เกิน 60 เปอร์เซ็นต์ สำหรับในบริเวณที่มีเชื้อแบคทีเรียดังกล่าว การติดตั้งระบบกรองอากาศที่มีแผ่นกรองอากาศชนิดละเอียดพิเศษ (HEPA filter) จะเป็นมาตรการที่ช่วยลดปริมาณแบคทีเรียออกจากอากาศที่ได้ผลดีที่สุด โดยที่ความสามารถในการกรองฝุ่นได้ละเอียดถึง 0.3 ไมครอน จะสามารถกรอง Droplet nuclei ที่มีขนาดเล็กประมาณ 0.5 ถึง 5 ไมครอน ซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของแบคทีเรีย และเชื้อราออกจากอากาศได้มากกว่า 99.97 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ การควบคุมทิศทางกระแสของอากาศให้ไหลจากบริเวณที่สะอาดไปยังบริเวณที่มีเชื้อจุลินทรีย์แล้วควบคุมให้อากาศดังกล่าวไหลไปผ่านแผ่นกรองอากาศชนิดละเอียดพิเศษ เพื่อกรองเชื้อออกจากอากาศก่อนนำอากาศที่ผ่านการกรองแล้วกลับมาใช้ใหม่ หรือปล่อยทิ้งสู่ภายนอกอาคารก็เป็นการลดการแพร่กระจายของเชื้อได้อย่างดี

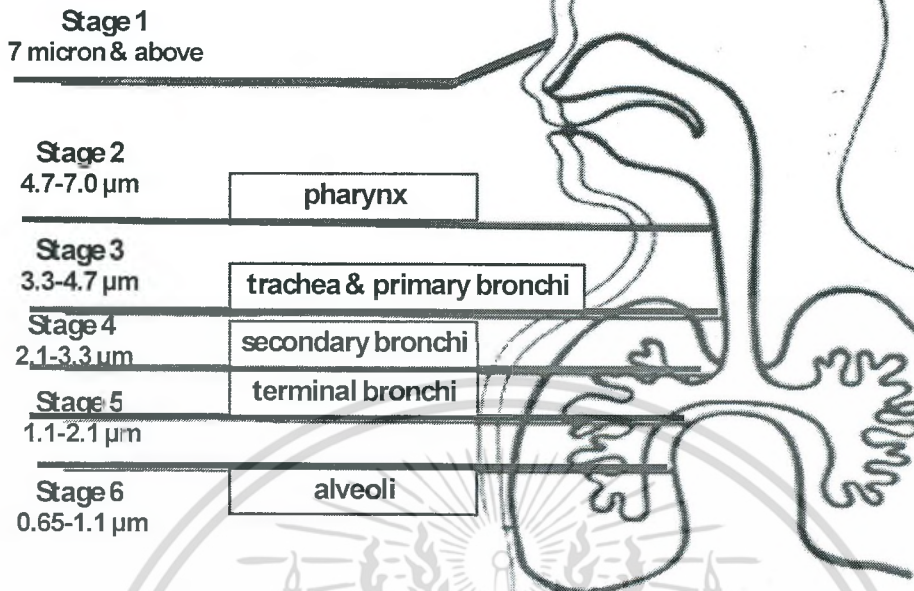
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ผลกระทบของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ

การที่มนุษย์ได้รับละอองของชีวอนุภาคมลสาร (bioaerosols) หรือสารพิษของชีวอนุภาคมลสาร (toxic) เข้าไปในร่างกาย ร่างกายจะสร้างปฏิกิริยาต่อต้านทำให้เกิดอาการเจ็บป่วย บางคนอาจมีอาการเจ็บป่วยในระยะสั้น หรือมีอาการเจ็บป่วยเรื้อรังในระยะยาว และบางรายอาจได้รับอันตรายถึงขั้นเสียชีวิต นอกจากปริมาณและความรุนแรงของเชื้อจุลินทรีย์ที่ได้รับเข้าไปแล้ว สถานะภูมิคุ้มกันร่างกายบกพร่องเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งเสริมให้การติดเชื้อเกิดง่ายขึ้น จุลินทรีย์ในอากาศแต่ละชนิดก่อให้เกิดโรคที่แตกต่างกัน ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศจะทำให้เกิดคัดจมูก น้ำมูกไหล เคืองตา ไอ แน่นหน้าอก อ่อนล้าและปวดศีรษะ การหายใจเอาเชื้อจุลินทรีย์เข้าไปในระบบทางเดินหายใจ โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่กว่า 5 ไมครอน จะถูกจับที่ส่วนบนของทางเดินระบบหายใจ โดยอยู่ในส่วนของจมูกและลำคอ ทำให้เกิดการระคายเคือง ไอจาม แสบจมูก ส่วนเชื้อจุลินทรีย์ขนาดไม่เกิน 5 ไมครอน จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ เพราะสามารถแทรกตัวลึกเข้าไปถึงระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเข้าไปในเนื้อเยื่อปอด หรือมีการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ในถุงลมปอด ทำให้การทำงานของปอดเสื่อมลง ทำให้หลอดลมอักเสบ (bronchitis) เกิดโรคหอบหืด (asthma) เยื่อจมูกอักเสบ (rhinitis) และโรคปอดบวม (pneumonia) โดยแบ่งขนาดของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจออกเป็น 6 ระดับ คือ เชื้อจุลินทรีย์ที่มีขนาดมากกว่า 7 ไมครอน (stage 1) เชื้อจุลินทรีย์ที่มีขนาดระหว่าง 4.7-7.0 ไมครอน (stage 2) เข้าสู่บริเวณคอหอย (pharynx) ซึ่งเป็นทางเชื่อมระหว่างปาก โปรงจมูกและหลอดอาหาร เชื้อจุลินทรีย์ที่มีขนาดระหว่าง 3.3-4.7 ไมครอน (stage 3) เข้าสู่บริเวณหลอดลม (trachea) และท่อหลอดลมคอระดับที่หนึ่ง (primary bronchi) เชื้อจุลินทรีย์ที่มีขนาดระหว่าง 2.1-3.3 ไมครอน (stage 4) เข้าสู่บริเวณท่อหลอดลมระดับสอง (secondary bronchi) เชื้อจุลินทรีย์ที่มีขนาดระหว่าง 1.1-2.1 ไมครอน (stage 5) เข้าสู่บริเวณระดับปลายแขนงของหลอดลม (terminal bronchi) เชื้อจุลินทรีย์ที่มีขนาดระหว่าง 0.65-1.1 ไมครอน (stage 6) เข้าสู่บริเวณถุงลมปอด (alveoli) ดังแสดงในรูปที่ 2.5 และชีวอนุภาคมลสารที่มีขนาดเล็กมักก่อให้เกิดปัญหาของโรคติดเชื้อกับระบบทางเดินหายใจที่พบบ่อยแสดงในตารางที่

2.5

Respiratory System



รูปที่ 2.5 ผลกระทบของเชือจุลินทรีย์ขนาดต่างๆ ต่อระบบทางเดินหายใจ (Andersen, 1985)

ตารางที่ 2.5 ผลกระทบของชีวอนุภาคมลสาร (Mitchell, 1992)

จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุ	ผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
สาหร่าย	อาการผื่นคัน	ปัญหาเรื่องกลิ่น
แบคทีเรีย	อาการภูมิแพ้ การติดเชื้อของระบบทางเดินหายใจ ไซ้ ปวดกล้ามเนื้อ อาเจียนและระคายเคืองเยื่อเมือก	ทำลายพื้นผิววัสดุ ทำความเสียหายต่อผลิตผลทางการเกษตร ปัญหาเรื่องกลิ่น
เชื้อรา	อาการภูมิแพ้ ผื่นคัน หอบหืด การติดเชื้อ ผลกระทบต่อระบบประสาท (จากพิษของ myco toxin) ระคายเคืองเยื่อเมือก	ทำลายพื้นผิววัสดุ ทำความเสียหายต่อผลิตผลทางการเกษตร ปัญหาเรื่องกลิ่น
โปรโตซัว	อาการภูมิแพ้ การติดเชื้อเยื่อหุ้มสมองอักเสบ	ทำความเสียหายต่อผลิตผลทางการเกษตร (การระบาดของโรคสัตว์)
ไวรัส	การติดเชื้อ	ทำความเสียหายต่อผลิตผลทางการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 มาตรฐานจุลินทรีย์ในอากาศ

จากการศึกษาวิจัยคุณภาพอากาศทางจุลินทรีย์ พบว่าจุลินทรีย์ที่พบในอากาศบางชนิดเป็นอันตรายต่อสุขภาพร่างกายของมนุษย์ และสามารถผ่านเข้าไประบบทางเดินหายใจส่วนล่างได้ จึงได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานจุลินทรีย์ในอากาศขึ้น ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) องค์การอนามัยโลก WHO (World Health Organization) และ NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health) ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของค่าแบคทีเรียและเชื้อราวมทั้งหมดในอากาศ ดังแสดงในตารางที่ 2.6 สำหรับในประเทศไทยยังไม่มีกำหนดค่ามาตรฐานจุลินทรีย์ในอากาศ

ตารางที่ 2.6 ค่ามาตรฐานจุลินทรีย์ในอากาศ

จุลินทรีย์ในอากาศ	ACGIH ^a		WHO ^b		NIOSH ^c	
	Indoor (CFU/m ³)	Outdoor (CFU/m ³)	Indoor (CFU/m ³)	Outdoor (CFU/m ³)	Indoor (CFU/m ³)	Outdoor (CFU/m ³)
แบคทีเรีย	ไม่เกิน 500	ไม่เกิน 500	ไม่เกิน 500	ไม่เกิน 500	ไม่เกิน 1,000	ไม่เกิน 1,000
เชื้อรา	ไม่เกิน 500	ไม่เกิน 500	ไม่เกิน 500	ไม่เกิน 500	ไม่เกิน 1,000	ไม่เกิน 1,000
แบคทีเรีย (ในท่อระบายอากาศ และ เครื่องปรับอากาศ)	ไม่เกิน 200	ไม่เกิน 200	-	-	-	-
เชื้อรา (ในท่อระบายอากาศ และ เครื่องปรับอากาศ)	ไม่เกิน 200	ไม่เกิน 200	-	-	-	-

หมายเหตุ : ^a ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) (1989)

^b WHO (World Health Organization) (2009)

^c NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health) (1987)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การควบคุมจุลินทรีย์ในอากาศ

ปัจจุบัน มีความสนใจในเรื่องจุลินทรีย์ในอากาศมากขึ้น โดยเฉพาะจุลินทรีย์ขนาดเล็ก เช่น แบคทีเรีย ไวรัส รา และยีสต์ ระบบปรับอากาศมีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ไม่ว่าจะเป็นช่วงเวลาทำกิจกรรมในเวลากลางวันหรือแม้กระทั่งเวลานอน มนุษย์ใช้เวลาส่วนใหญ่ของชีวิตในห้องปรับอากาศ ซึ่งเป็นห้องปิดและไม่มีการถ่ายเทอากาศที่ดี แสงแดดซึ่งมีรังสีอัลตราไวโอเล็ตไม่สามารถส่องถึงได้ สภาวะแวดล้อมเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อการแพร่กระจายของเชื้อโรคในอากาศได้อย่างรวดเร็ว

การควบคุมจุลินทรีย์ในอากาศมีวิธีที่สะดวกและประหยัดที่สุด ได้แก่ การจัดให้มีการระบายอากาศที่ดี วิธีนี้จะทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ลดลง แต่หากต้องการควบคุมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น อาจต้องใช้วิธีดังต่อไปนี้ร่วมด้วย (Mui *et al.*, 2008)

1) การใช้สารเคมีทำลายเชื้อโรค

สารเคมีที่สามารถใช้ทำลายเชื้อโรคในอากาศมักเป็นสารเคมีที่ระเหยได้หรือใช้พ่นเป็นละอองสู่อากาศได้ เช่น formaldehyde, ethylene oxide, propylene glycol, triethylene glycol เป็นต้น โดยสองชนิดสุดท้ายเป็นสารเคมีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดเนื่องจากไม่มีกลิ่น ไม่มีพิษและไม่ระคายเคือง

2) การใช้รังสี UVGI (Ultraviolet germicidal irradiation)

รังสีที่สามารถทำลายอนุภาคจุลินทรีย์ได้ดีที่สุดคือ รังสียูวี ที่มีความยาวคลื่น 260-270 นาโนเมตร โดยรังสียูวีมักถูกนำมาใช้งานในพื้นที่ที่มีขนาดเล็ก ได้แก่ โรงพยาบาล โรงงานผลิตยา ห้องปฏิบัติการวิจัย เป็นต้น รังสียูวีสามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ ฆ่าสปอร์ของเชื้อราและแบคทีเรียบางชนิดได้ เช่น *Escherichia coli*, *Micrococcus luteus*, *Serratia marcescens*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* และ *Pseudomonas fluorescens* โดยสามารถทำลายได้ 96 - 99 เปอร์เซ็นต์ (Scarpino *et al.*, 1998)

3) การควบคุมฝุ่นละออง

โดยใช้วิธีการล้าง เช็ด ถู หรือใช้เครื่องดูดฝุ่นทำความสะอาดบริเวณพื้นผิววัสดุต่างๆ และพื้นห้องและอาจมีการใช้น้ำยาฆ่าเชื้อโรคเช็ดตามภายหลังที่ได้กำจัดฝุ่นบนพื้นผิววัสดุออกไปแล้ว นอกจากนี้ ยังอาจใช้เครื่องกรองอากาศที่มีคุณสมบัติดักจับฝุ่นละอองและจุลินทรีย์

4) การเจือจางเชื้อ โดยการระบายอากาศ

วัตถุประสงค์เพื่อลดความเข้มข้นของการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ทางอากาศภายในอาคารหรือภายในรถโดยสารปรับอากาศ โดยการดูดอากาศในบริเวณที่มีความเข้มข้นของการปนเปื้อนสูง เพื่อไปเข้าสู่ระบบบำบัดหรือทิ้งสู่ภายนอก และเติมอากาศที่มีความสะอาดกว่าเข้าไปแทนที่ การเจือจางเชื้อดังกล่าวจะได้ผลมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราการหมุนเวียนของอากาศที่ดูด

และเติมเข้าสู่พื้นที่ และประสิทธิภาพของการผสมกันของอากาศสะอาดที่เติมเข้าสู่พื้นที่กับอากาศภายในพื้นที่เดิม

5) กำหนดทิศทางการไหลของอากาศให้เหมาะสม

เป็นการกำหนดทิศทางการไหลของอากาศเข้าและออกจากห้อง หรือกำหนดทิศทางการไหลของอากาศให้มีทิศทางใดทิศทางหนึ่งผ่านพื้นที่ที่ต้องการควบคุมความสะอาด เพื่อนำอากาศที่สะอาดกว่าเคลื่อนที่ไล่อากาศที่ปนเปื้อนออกจากพื้นที่ การควบคุมทิศทางการไหลของอากาศมี 3 รูปแบบ คือ

5.1) การควบคุมการไหลของอากาศระหว่างพื้นที่สองพื้นที่ติดกัน โดยการกำหนดค่าความดันอากาศให้มีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่สะอาดกับพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสูง เพื่อให้มีการไหลของอากาศจากพื้นที่สะอาดไปสู่พื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสูง เพื่อป้องกันสิ่งปนเปื้อนทางอากาศไหลเข้าสู่พื้นที่สะอาด

5.2) การควบคุมทิศทางการไหลของอากาศภายในห้อง โดยการกำหนดทิศทางการไหลของอากาศในลักษณะที่ก่อให้เกิดกระแสของอากาศเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ที่ต้องการควบคุมความสะอาด เพื่อไล่สิ่งปนเปื้อนทางอากาศที่ไม่ต้องการออกจากพื้นที่ดังกล่าวไปสู่พื้นที่ที่มีความสะอาดน้อยกว่า จากนั้นกระแสของอากาศจะถูกดูดเข้าสู่ระบบกรองอากาศของระบบปรับอากาศ หรือถูกดูดไปทิ้งสู่ภายนอก

5.3) การควบคุมทิศทางการไหลของอากาศโดยใช้อุปกรณ์เฉพาะ อุปกรณ์เฉพาะบางชนิดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการจะถูกออกแบบมาบนพื้นฐานของการใช้งานเพื่อกำหนดทิศทางการไหลของอากาศให้สอดคล้องกับการใช้งานอยู่แล้ว เช่น fume hood ซึ่งภายในจะประกอบไปด้วยพัดลมดูดอากาศ เพื่อดูดอากาศที่มีการปนเปื้อนสูงภายในพื้นที่ทำงานใน fume hood ไปบำบัดหรือทิ้งสู่ภายนอก ขณะเดียวกัน ก็จะสร้างกระแสของอากาศที่มีความเร็วสูงไหลเข้าสู่ตัว fume hood เพื่อแทนที่ลมที่ถูกดูดไปทิ้ง กระแสของอากาศที่มีความเร็วสูงนี้จะเป็นตัวป้องกันสิ่งปนเปื้อนภายใน fume hood ไม่ให้ไหลออกสู่ภายนอก

6) การกรองอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพจะช่วยกรองสิ่งสกปรกและจุลินทรีย์ทางอากาศออกจากอากาศได้เป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความละเอียด ประสิทธิภาพ และจำนวนชั้นของแผงกรองอากาศที่ใช้ ซึ่งแผงกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพ 90-95 เปอร์เซ็นต์ สามารถกรองแบคทีเรีย และอนุภาคในอากาศที่มีขนาดใกล้เคียงกันออกจากอากาศได้มากกว่า 99.9 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาได้มีการพัฒนาแผงกรองอากาศชนิดความละเอียดสูง (High Efficient Particulates Air (HEPA) Filter) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคที่มีขนาดตั้งแต่ 0.3 ไมครอนขึ้นไปได้ถึง 99.97 เปอร์เซ็นต์ ความละเอียดของการกรองดังกล่าวสามารถกรองจุลินทรีย์เกือบทุกชนิดออกจากอากาศได้ ไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรีย รา และไวรัส ซึ่งโดยปกติแล้วจุลินทรีย์เกือบทุกชนิดออกจากอากาศได้ ไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรีย รา และไวรัส ซึ่งโดยปกติแล้วจุลินทรีย์เกือบทุกชนิดออกจากอากาศได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นทรีย์เหล่านี้จะเกาะตัวเป็นกลุ่มอยู่กับอนุภาคฝุ่นในที่ที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.3 ไมครอน (Mui *et al.*, 2008)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Pastuszka *et al.* (1999) ศึกษาระดับความเข้มข้นชีวอนุภาคมลสาร (bioaerosols) ของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในบ้านและสำนักงานในเขตโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่ที่เมืองซีเลีย ประเทศโปแลนด์ โดยใช้ Six-Stage Cascade Impactor ในการเก็บจุลินทรีย์และเชื้อราในอากาศ จากผลการทดลองพบว่า ระดับชีวอนุภาคมลสารของแบคทีเรียภายในบ้านมีค่าประมาณ 10^3 CFU/m³ และในสำนักงานประมาณ 10^2 CFU/m³ จากการศึกษาภายในบ้านทั้งหมดจะพบแบคทีเรียพวก *Micrococcus* spp. ประมาณ 34 % และแบคทีเรีย *Staphylococcus epidermidis* จะพบในบ้านประมาณ 76 % ในฤดูหนาวความเข้มข้นชีวอนุภาคมลสารของเชื้อราอยู่ในช่วง $10-10^2$ CFU/m³ ภายในบ้าน ช่วงฤดูร้อนความเข้มข้นชีวอนุภาคมลสารของเชื้อราอยู่ในช่วง 10^3-10^4 CFU/m³ จะสังเกตเห็นว่าในบ้านความเข้มข้นของ *Penicillium* spp. อยู่ในระดับ 3-50 % และความเข้มข้นที่สูงที่สุดของ *Penicillium* spp. ประมาณ 90 % ของเชื้อราทั้งหมด ซึ่งในฤดูร้อนมีเชื้อจุลินทรีย์สูงกว่าฤดูหนาว อย่างไรก็ตาม แบคทีเรียและเชื้อราในอากาศสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ประเภทของอาคารบ้านเรือน ปัจจัยทางภูมิศาสตร์และอนุภาคมลพิษทางอากาศ สิ่งเหล่านี้จะทำให้มนุษย์เสี่ยงต่อการเป็นโรคหอบหืดและโรคภูมิแพ้ได้

Luksamijarulkul *et al.* (2004) ศึกษาคุณภาพอากาศภายในรถโดยสารประจำทาง อาจมีผลต่อพนักงานขับรถซึ่งต้องอยู่ในรถเป็นเวลานานๆ การศึกษานี้ได้สุ่มตัวอย่างรถโดยสารประจำทางสาย 16, 63, 67 และ 166 ของเขตการเดินรถที่ 7 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ เพื่อวิเคราะห์การปนเปื้อนจุลินทรีย์ในอากาศภายในรถ โดยเก็บตัวอย่างอากาศจากรถโดยสารปรับอากาศ สายละ 9 คัน (รวม 36 คัน) และรถธรรมดา สายละ 2-4 คัน (รวม 12 คัน) ในแต่ละคันเก็บตัวอย่างอากาศ 5 จุดระหว่างที่รถวิ่งรับส่งผู้โดยสารด้วยเครื่อง Millipore Air Tester รวมจำนวนตัวอย่างอากาศภายในรถปรับอากาศ 180 ตัวอย่าง และรถธรรมดา 60 ตัวอย่าง นอกจากนี้ได้สัมภาษณ์พนักงานขับรถเกี่ยวกับประวัติการเจ็บป่วยด้วยอาการที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน ผลการศึกษาพบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียโดยเฉลี่ย ในตัวอย่างอากาศที่เก็บจากรถธรรมดาเท่ากับ 358.50 ± 146.66 CFU/m³ ถึง 506 ± 137.62 CFU/m³ โดยรถสาย 16 มีปริมาณสูงสุด เช่นเดียวกันปริมาณเชื้อราโดยเฉลี่ยเท่ากับ 93.33 ± 44.83 CFU/m³ ถึง 302 ± 294.65 CFU/m³ โดยรถสาย 166 มีปริมาณสูงสุด ในขณะที่ปริมาณเชื้อแบคทีเรียโดยเฉลี่ยในตัวอย่างอากาศที่เก็บจากรถปรับอากาศเท่ากับ 115.24 ± 136.01 CFU/m³ ถึง 244.69 ± 234.85 CFU/m³ โดยรถสาย 16 และสาย 67 มีปริมาณสูงสุด เช่นเดียวกันปริมาณเชื้อราโดยเฉลี่ยเท่ากับ 18.84 ± 39.42 CFU/m³ ถึง 96.13 ± 234.76 CFU/m³ โดยสาย 166 มีปริมาณสูงสุด เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์โดยละเอียด พบว่าร้อยละ 33.33 ของจำนวนตัวอย่างอากาศที่เก็บจากรถธรรมดา และร้อยละ 6.11 ของจำนวนตัวอย่างอากาศที่เก็บจากรถปรับอากาศ มีการปนเปื้อนแบคทีเรียสูงกว่า 500 CFU/m³ ในขณะที่ร้อยละ 6.67 และ 2.78 ของจำนวนตัวอย่างอากาศที่เก็บจากรถธรรมดา และรถปรับอากาศ มีการปนเปื้อนเชื้อราสูงกว่า 500 CFU/m³ สำหรับอาการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานในพนักงานขับรถดังกล่าว พบว่าร้อยละ 91.67 ของพนักงานขับรถธรรมดา และร้อยละ 57.28 ของพนักงานขับรถปรับอากาศมีอาการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน ($p = 0.0185$)

Lee and Jo (2005) ศึกษาระดับของจุลินทรีย์ในอากาศภายในและภายนอกตู้รถไฟโดยสาร และรถโดยสารประจำทางสาธารณะในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน ในอากาศสายพันธุ์ของเชื้อราที่พบมาก คือ *Cladosporium* spp., *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. และ *Alternaria* spp. ซึ่งปัจจัยหลักในการตรวจวัดจุลินทรีย์ในอากาศประกอบด้วย อาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชนิด ประเภทพาหนะ และฤดูกาล ในที่นี้จะใช้อาหาร Malt Extract Agar (MEA) และ Dichloran Glycerol 18 Agar (DG-18) ในการเปรียบเทียบเชื้อราและเชื้อแบคทีเรีย จากการทดลองพบว่า ในช่วงฤดูร้อนความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรภายในและภายนอกรถไฟโดยสารประจำทางสาธารณะสูงกว่าตู้รถไฟโดยสารเมื่อเปรียบเทียบ 2 จุด พบว่า ในฤดูหนาวมีผลการทดลองคล้ายคลึงกับฤดูร้อน จากผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นจุลินทรีย์ในอากาศมีค่าใกล้เคียงกับจุลินทรีย์ในอากาศภายในที่อยู่อาศัย ซึ่งค่าของเชื้อแบคทีเรียอยู่ระหว่าง 10-10³ CFU/m³ และค่าของเชื้อราอยู่ระหว่าง 10-10³ CFU/m³

Kalogerakis et al. (2005) ศึกษาบทบาทของชีวอนุภาคมลสาร (bioaerosols) ที่เป็นมลพิษทางอากาศภายในอาคาร ซึ่งทำให้เกิดโรคหรือเป็นสาเหตุทำให้เกิดอาการแพ้เมื่อสูดดมหายใจเข้าไป โดยทำการวัดชีวอนุภาคมลสารภายในอาคารที่มีอยู่ของอพาร์ทเมนต์ในประเทศเอเชนส์ จีน และกรีซ โดยความเข้มข้นของจุลินทรีย์และเชื้อราในอากาศที่วัดได้จากจานเพาะเลี้ยงเชื้อจะแสดงในหน่วย CFU/m³ ทำการเก็บตัวอย่างด้วยใช้เครื่อง MAS-100 และทำการวัด PM₁₀ และ PM_{2.5} ภายในอาคารและนอกอาคาร พบว่าอพาร์ทเมนต์ในเอเชนส์และจีน มีการปนเปื้อนแบคทีเรียสูงกว่า 500 CFU/m³

Mopuang et al. (2005) ศึกษาสภาพตักขวาง เพื่อประเมินคุณภาพอากาศทางจุลินทรีย์และปริมาณฝุ่นอนุภาคเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM₁₀) ริมนถนนกรุงเทพมหานครเมืองแพชั่น เก็บตัวอย่างอากาศริมถนน จำนวน 50 จุด เพื่อตรวจปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราจุดละ 3 ตัวอย่าง รวม 150 ตัวอย่าง โดยใช้ Millipore Air Tester และเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อตรวจ PM₁₀ ด้วย Personal pump cyclone จุดละ 2 ตัวอย่าง รวม 100 ตัวอย่าง นอกจากนี้ยังเก็บตัวอย่างอากาศในร้านค้าริมถนน อีก 25 ร้าน ร้านละ 1 ตัวอย่าง รวม 25 ตัวอย่าง ตรวจปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราเพื่อใช้เป็นข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบ ผลการศึกษา พบค่าเฉลี่ยปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศริมถนนเท่ากับ 393.9 ± 325.4 CFU/m³ ปริมาณเชื้อราเท่ากับ 121 ± 94 CFU/m³ ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยที่ตรวจพบในอากาศภายในร้านค้าริมถนน (228.3 ± 162.2 CFU/m³ และ 58.3 ± 43.3 CFU/m³ ตามลำดับ) สำหรับค่าเฉลี่ย PM₁₀ ในอากาศริมถนนกรุงเทพมหานครเมืองแพชั่น เท่ากับ 203.9 ± 242.8 µg/m³ เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่แนะนำไว้ พบว่า ตัวอย่างอากาศริมถนนกรุงเทพมหานครเมืองแพชั่นร้อยละ 4.7 เกินค่ามาตรฐานแบคทีเรีย (>1,000 CFU/m³) และร้อยละ 26 เกินค่ามาตรฐาน PM₁₀ (>120 µg/m³) นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และ PM₁₀ พบว่า มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา ($r = 0.402, p = 0.004$)

Kim and Kim (2006) ศึกษาลักษณะของจุลินทรีย์และเชื้อราในอากาศภายในตึกอาคารสาธารณะของประเทศเกาหลี โดยใช้เครื่องมือ Six-Stage Cascade Impactor พบว่า ในโรงพยาบาลมีค่าความเข้มข้นทั้งหมดของเชื้อแบคทีเรียในอากาศเฉลี่ย 404 CFU/m³ และเชื้อราในอากาศเฉลี่ย 382 CFU/m³ โรงเรียนอนุบาลมีเชื้อแบคทีเรียในอากาศเฉลี่ย 931 CFU/m³ และเชื้อราในอากาศเฉลี่ย 536 CFU/m³ บ้านพักคนชรามีเชื้อแบคทีเรียในอากาศเฉลี่ย 294 CFU/m³ และเชื้อราในอากาศเฉลี่ย 334 CFU/m³ และสถานที่พักฟื้นแม่ลูกอ่อนมีเชื้อแบคทีเรียในอากาศเฉลี่ย 586 CFU/m³ และเชื้อราในอากาศเฉลี่ย 371 CFU/m³ ส่วนค่าความเข้มข้นการหายใจของเชื้อแบคทีเรียในโรงพยาบาลมีเชื้อแบคทีเรียในอากาศเฉลี่ย 194 CFU/m³ และเชื้อราในอากาศเฉลี่ย 296 CFU/m³ โรงเรียนอนุบาลมีเชื้อแบคทีเรียในอากาศเฉลี่ย 358 CFU/m³ และเชื้อราในอากาศเฉลี่ย 347 CFU/m³ บ้านพักคนชรามีเชื้อแบคทีเรียในอากาศเฉลี่ย 134 CFU/m³ และเชื้อราในอากาศเฉลี่ย 226 CFU/m³ และสถานที่พักฟื้นแม่ลูกอ่อนมีเชื้อแบคทีเรียในอากาศเฉลี่ย 254 CFU/m³ และเชื้อราในอากาศเฉลี่ย 289 CFU/m³ ตามลำดับ จากการสรุปขึ้นพื้นฐานคือ ความเข้มข้นทั้งหมดของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศและค่าความเข้มข้นการหายใจนั้น โรงเรียนอนุบาลมีค่าสูงที่สุดและบ้านพักคนชรามีค่าต่ำที่สุดโดยขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของตึกอาคาร แบคทีเรียที่พบในตึกอาคารคือ *Staphylococcus* spp., *Micrococcus* spp., *Corynebacterium* spp. และ *Bacillus* spp. ส่วนเชื้อราในอากาศที่พบ คือ *Penicillium* spp., *Cladosporium* spp. และ *Aspergillus* spp. ตามลำดับ จากการศึกษาการกระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ พบว่า stage 1 (> 7.0 µm) และ stage 2 (4.7-7.0 µm) จะพบ *Staphylococcus* spp. เป็นส่วนใหญ่ และ stage 3 (3.3-4.7 µm) จะพบ *Penicillium* spp. และ *Cladosporium* spp. อย่างไรก็ตาม ขึ้นอยู่กับลักษณะของตึกอาคารและการถ่ายเทอากาศด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สแกนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thunyasirion et al. (2008) ศึกษาการเก็บตัวอย่างเชื้อราในบรรยากาศทั้งภายในอาคารและนอกอาคารเพื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นที่ได้จากการใช้เครื่องสองชนิดคือ Andersen Impactor ชนิดมาตรฐาน 6 ชั้น และชนิดชั้นเดียวแบบ N_6 พบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจากการใช้ paired t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha > 0.01$ โดยที่ค่าสหสัมพันธ์ของวิธีทั้งสองมีค่าต่ำมาก อยู่ในช่วงของ 0.01-0.68 โดยความเข้มข้นของเชื้อราที่ได้จากชนิด N_6 มีค่ามากกว่าที่ได้จากชนิดมาตรฐาน 6 ชั้นและพบจำนวนเชื้อราทั้งหมดในบรรยากาศภายในอาคาร 165-167 CFU/m³ มากกว่าบรรยากาศภายนอกอาคาร 129-134 CFU/m³ ซึ่งชนิดของเชื้อราที่พบมากที่สุด 3 อันดับแรกทั้งในและนอกอาคารคือ *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. และ *Curvularia* spp. ตามลำดับ

Kim et al. (2009) ศึกษาการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศของโรงงานอาหารสัตว์ในประเทศเกาหลี ซึ่งระดับค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนมาตรฐานของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศในโรงงานอาหารสัตว์ในกระบวนการอัดเม็ดมีค่า 133 ± 18 CFU/m³ และ 89 ± 5 CFU/m³ ส่วนในกระบวนการทำเป็นผงมีค่า 198 ± 5 CFU/m³ และ 124 ± 12 CFU/m³ เพอร์เซ็นต์ความเข้มข้นการมีชีวิตของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศจะอยู่ในระดับ 60 – 90 % และกระบวนการอัดเม็ดจะสูงกว่ากระบวนการทำเป็นผง อัตราส่วนความเข้มข้นภายในต่อภายนอกอาคาร พบว่าการระบายอากาศจากภายนอกมีเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่มีค่ามากกว่า 1 ซึ่งในโรงงานอาหารสัตว์จะพบจุลินทรีย์ในอากาศ ในส่วนของเชื้อแบคทีเรียที่พบคือ *Staphylococcus* spp., *Micrococcus* spp., *Corynebacterium* spp. และ *Bacillus* spp. และเชื้อราที่พบ *Penicillium* spp., *Cladosporium* spp. และ *Aspergillus* spp. ผลการศึกษานี้จะขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม และปริมาณความชื้นในอากาศ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 อุปกรณ์

1. เครื่อง Six-Stage Cascade Impactor, บริษัท TISCH Environmental, ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. เครื่องดูดอากาศ (Pump), บริษัท TISCH Environmental, ประเทศสหรัฐอเมริกา
3. เครื่อง Calibrator, Defender™ 500 Series, บริษัท TISCH Environmental, ประเทศสหรัฐอเมริกา
4. ชุดเครื่องวัดอุตุนิยมวิทยา Weather Link Vantage Pro 2 ประเทศสหรัฐอเมริกา
5. ชุดทดสอบ Genus เชื้อจุลินทรีย์ (Suspension medium), บริษัท S.N.P. Scientific Co., Ltd., ประเทศไทย
6. ตู้อบ (Oven) รุ่น ISOTEMP บริษัท Fisher Scientific, ประเทศสหรัฐอเมริกา
7. ตู้เขี่ยเชื้อ (Laminar air flow) รุ่น HS123, บริษัท International Scientific Supply HS123, ประเทศไทย
8. ตู้บ่มเชื้อ (Incubator) รุ่น Plus II, บริษัท Gallenkamp, ประเทศอังกฤษ
9. ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส รุ่น GR-B17125K, บริษัท Toshiba, ประเทศไทย
10. หม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave) รุ่น Tomy SS 325, บริษัท Hirayama Manufacturing Corporation HV-50, ประเทศญี่ปุ่น
11. ไมโครเวฟ (Microwave) รุ่น MW712N-E, บริษัท Samsung, ประเทศไทย
12. เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter) รุ่น Memmert, บริษัท Denver Instrument 215, ประเทศสหรัฐอเมริกา
13. กล้องจุลทรรศน์ รุ่น UFX-DX, บริษัท Olympus, ประเทศญี่ปุ่น
14. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง รุ่น 2842, บริษัท Sartorius, ประเทศไทย
15. งานเพาะเชื้อ
16. ขวดดูแลน (Duran bottle) ขนาด 250 มิลลิลิตร
17. ถุงมือไวนิล (Vinyl gloves)
18. เครื่องแก้วต่างๆ (Glasswares)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 สารเคมี

1. โซโคลเฮกซีไมด์ ($C_{15}H_{23}NO_4$) เกรดวิเคราะห์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ.ซี.เอส.ซี.นอล, ประเทศไทย
2. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba, ประเทศอิตาลี
3. ไดโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ($K_2HPO_4 \cdot 7H_2O$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba, ประเทศอิตาลี
4. แมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba, ประเทศอิตาลี
5. แอมโมเนียมซัลเฟต ($(NH_4)_2SO_4$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Univar, ประเทศออสเตรเลีย
6. แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Univar, ประเทศออสเตรเลีย
7. โพแทสเซียมไนเตรด (KNO_3) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Univar, ประเทศออสเตรเลีย
8. เฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba, ประเทศอิตาลี
9. แมงกานีสคลอไรด์ ($MnCl_2 \cdot 4H_2O$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba, ประเทศอิตาลี
10. ซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba, ประเทศอิตาลี
11. กรดไฮโดรคลอริก (HCl) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Univar, ประเทศออสเตรเลีย
12. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba, ประเทศอิตาลี
13. เอทานอล (C_2H_5OH) 99 เปอร์เซ็นต์ เกรดวิเคราะห์ บริษัท Merck, ประเทศเยอรมนี
14. เอทานอล (C_2H_5OH) 70 เปอร์เซ็นต์ เกรดวิเคราะห์ บริษัท Merck, ประเทศเยอรมนี
15. Agar บริษัท Himedia Laboratories Pvt. Ltd., ประเทศอินเดีย

3.1.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. อาหารสำเร็จรูป Tryptone Soya Agar (TSA) บริษัท Himedia Laboratories Pvt. Ltd., ประเทศอินเดีย
2. อาหารสำเร็จรูป Malt Extract Agar (MEA) บริษัท Himedia Laboratories Pvt. Ltd., ประเทศอินเดีย
3. อาหารสำเร็จรูป Nutrient Agar (NA) บริษัท Himedia Laboratories Pvt. Ltd., ประเทศอินเดีย
4. อาหารสำเร็จรูป Peptone บริษัท Himedia Laboratories Pvt. Ltd., ประเทศอินเดีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ประเภทรถยนต์ที่ใช้ในการศึกษา

รถยนต์ปรับอากาศที่ใช้ในการศึกษา 4 ประเภท ได้แก่ รถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517, รถตู้โดยสารสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต, รถยนต์ส่วนบุคคล และรถยนต์โดยสารส่วนบุคคลที่มีส้วมเลี้ยง (สุนัข) ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ลักษณะของรถยนต์ปรับอากาศที่ใช้ในการศึกษา

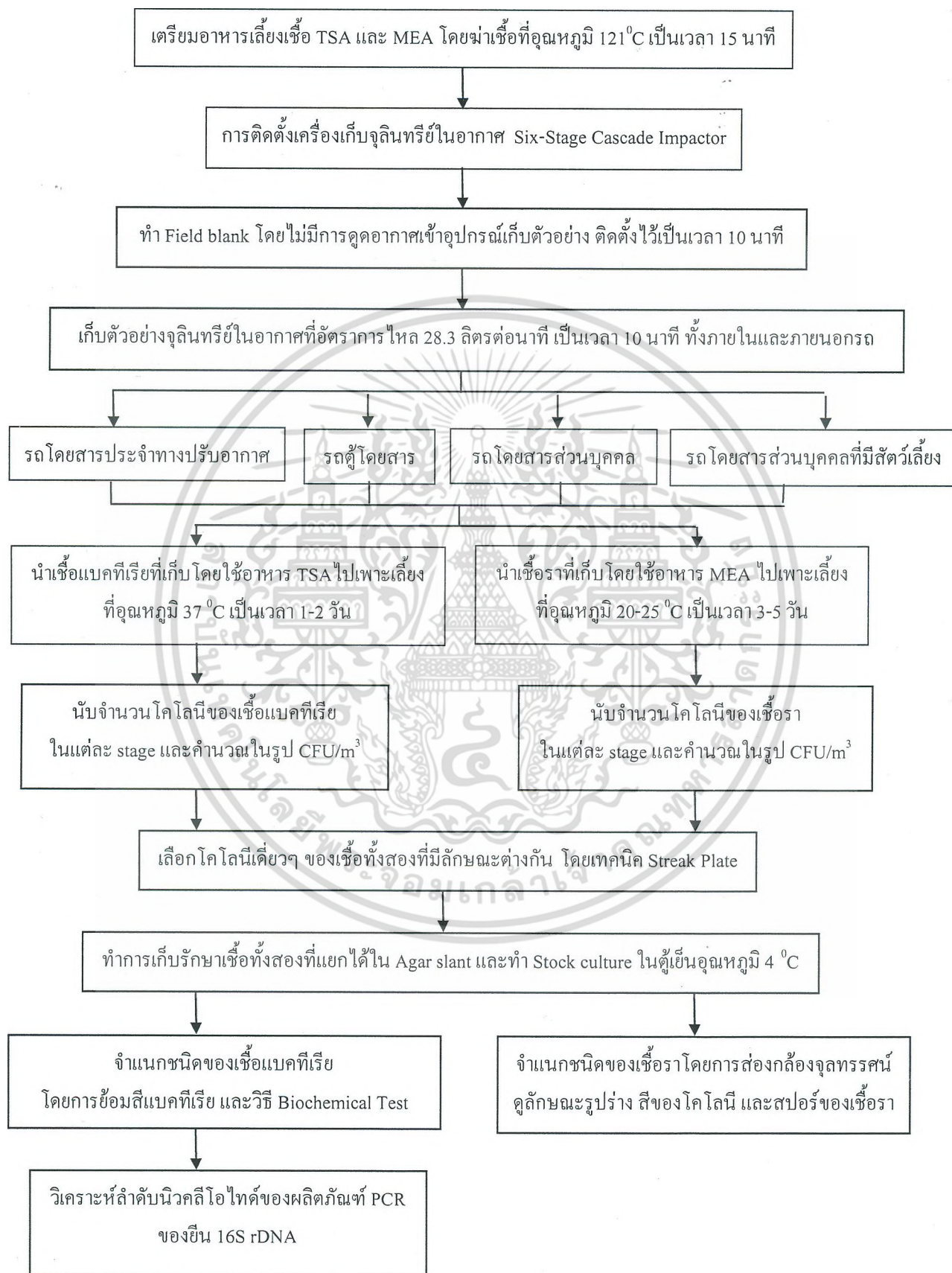
ประเภท	จำนวน (คัน)	ยี่ห้อ	อายุการใช้งาน (ปี)	เชื้อเพลิงที่ใช้
รถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 (ยูโร II)	3	HINO	7-8	Diesel
รถตู้โดยสารสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต	3	TOYOTA	4-5	LPG
รถยนต์ส่วนบุคคล	3	HONDA CIVIC	5-6	Benzene
รถยนต์ส่วนบุคคลที่มีส้วม	3	HONDA CIVIC	4-5	Benzene

หมายเหตุ : LPG = Liquid Petroleum Gas

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนในการวิเคราะห์สรุปได้ดังรูปที่ 3.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.1 แผนภูมิขั้นตอนการทดลอง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 การเตรียมอาหาร

3.3.1.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย (Tryptone Soya Agar, TSA) (Kim and Kim, 2006)

1. ชั่งอาหารสำเร็จรูป Tryptone Soya Agar (TSA) (ดูรายละเอียดภาคผนวก ก-1) มา 40 กรัม ใส่น้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร
2. เติมสาร Cycloheximide ลงไป 0.5 กรัม นำไปเข้าไมโครเวฟ เป็นเวลา 1 นาที เพื่อให้อาหาร TSA และสาร Cycloheximide ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน
3. ใส่อาหาร TSA ในขวดकुเลนขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 6 ขวด
4. นำขวดकुเลนที่บรรจุอาหารในข้อ 3 ไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่มีสถานะความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที
5. นำออกจากหม้อนึ่งไอน้ำ ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
6. นำอาหาร TSA ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เทใส่ลงในจานเพาะเชื้อในตู้เขี่ยเชื้อ (Laminar air flow) ที่งั้วให้เย็น คั่วจานเพาะเชื้อ เทใส่ลงในจานเพาะเลี้ยงใส่ถุงพลาสติก เก็บไว้ในตู้เย็น 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

3.3.1.2 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อรา (Malt Extract Agar, MEA) (Kim and Kim, 2006)

1. ชั่งอาหารสำเร็จรูป Malt Extract Agar (MEA) (ดูรายละเอียดภาคผนวก ก-1) มา 33.6 กรัม ใส่น้ำกลั่น ทำการปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร
2. เติมสาร Cycloheximide ลงไป 0.1 กรัม นำไปเข้าไมโครเวฟ เป็นเวลา 1 นาที เพื่อให้อาหาร MEA และสาร Cycloheximide ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน
3. ใส่อาหาร MEA ในขวดकुเลนขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 6 ขวด
4. นำขวดकुเลนที่บรรจุอาหารในข้อ 3 ไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่มีสถานะความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที
5. นำออกจากหม้อนึ่งไอน้ำ ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
6. นำอาหาร MEA ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เทใส่ลงในจานเพาะเชื้อในตู้เขี่ยเชื้อ (Laminar air flow) ที่งั้วให้เย็น คั่วจานเพาะเชื้อ เทใส่ลงในจานเพาะเลี้ยงใส่ถุงพลาสติก เก็บไว้ในตู้เย็น 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

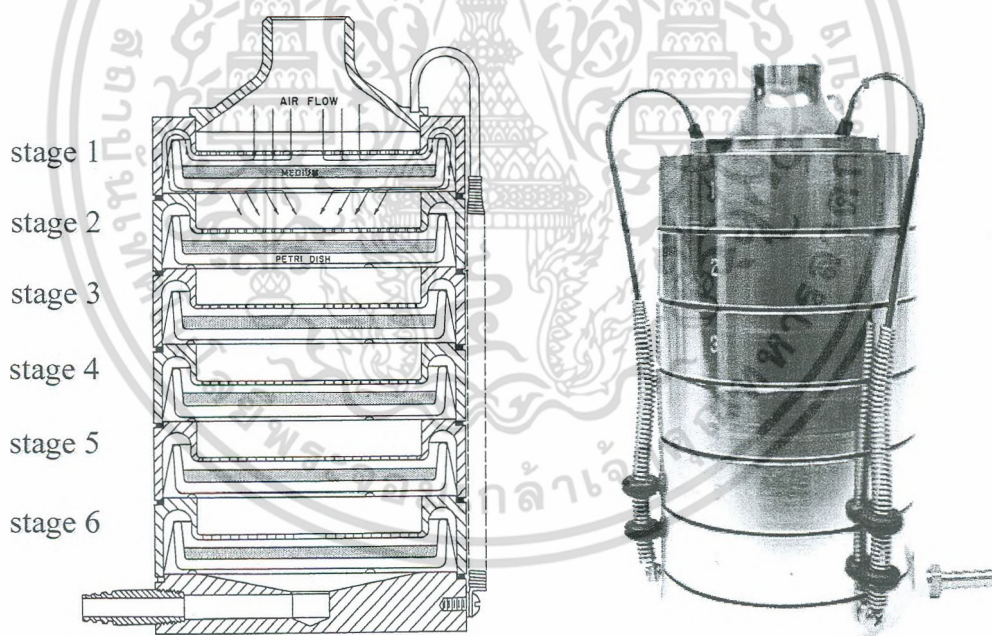
3.3.2 การติดตั้งอุปกรณ์เครื่องเก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศแบบคัดแยกขนาด

อุปกรณ์ Six-Stage Cascade Impactor ประกอบด้วยชั้นอนุภาคนิยม 6 ชั้น (รูปที่ 3.2) ได้แก่ stage 1, stage 2, stage 3, stage 4, stage 5 และชั้นล่างสุด stage 6 โดยในแต่ละชั้นจะมีขนาดการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์คือ > 7.0 , $4.7-7.0$, $3.3-4.7$, $2.1-3.3$, $1.1-2.1$ และ $0.65-1.1$ ไมครอน ตามลำดับ ก่อนใช้งานให้ทำความสะอาด ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก-2 จากนั้นติดตั้งอุปกรณ์ ดังนี้

1. วางจานเพาะเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก-3) บนเครื่องเก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (Six-Stage Cascade Impactor)

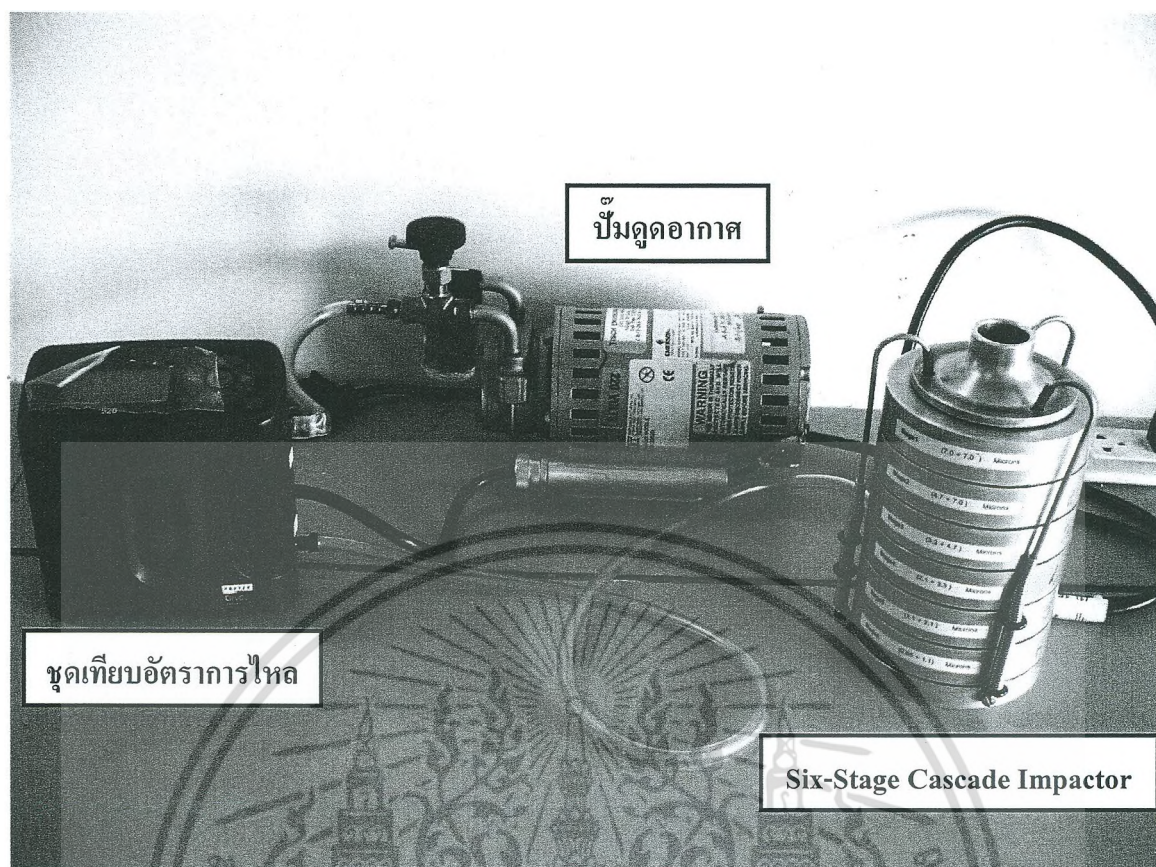
2. ต่อชุด Impactor ในแต่ละชั้น เริ่มตั้งแต่ stage 6 ตามด้วย stage 5 จนถึงหัวเก็บตัวอย่าง Inlet โดยแต่ละชั้นจะมี O-ring ป้องกันการรั่วไหลของอากาศ จากนั้นใช้สปริงทั้ง 3 ยึดเครื่องเก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.2

3. ต่ออุปกรณ์ Six-Stage Cascade Impactor โดยต่อท่อ Tygon เข้ากับปั๊มดูดอากาศและชุดเทียบอัตราการไหล (Calibrator 520) ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 เครื่อง Six-Stage Cascade Impactor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 การสอบเทียบอัตราการไหลของเครื่องดูดอากาศ

3.3.3 การเก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ

3.3.3.1 การเก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศภายในรถปรับอากาศ

เก็บตัวอย่างอากาศในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะ รถตู้โดยสารสาธารณะ รถยนต์ส่วนบุคคล และรถยนต์ส่วนบุคคลที่มีส้วมเลี้ยง ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย (TSA) และเชื้อรา (MEA) โดยใช้ Six-Stage Cascade Impactor บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง ระหว่างเดือนมกราคมถึงมีนาคม พ.ศ. 2553 เวลา 9.00–14.00 น. ช่วงฤดูร้อน มีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมตัวอย่างงานเพาะเชื้อ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก-3)
2. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย (TSA) และอาหารเลี้ยงเชื้อรา (MEA) (รายละเอียดแสดงในหัวข้อ 3.3.1)
3. เตรียมอุปกรณ์ Six-Stage Cascade Impactor (รายละเอียดแสดงในหัวข้อ 3.3.2)
4. สอบเทียบอัตราการไหลของเครื่องดูดอากาศที่อัตราการไหล 28.3 ลิตรต่อนาที (Andersen, 1985) ก่อนเก็บตัวอย่างอากาศจำนวน 10 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย
5. ก่อนเริ่มทำการเก็บตัวอย่างใช้ผ้าหรือสำลีชุบแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ เช็ดอุปกรณ์

เก็บตัวอย่าง ปล่อยให้แห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ติดตั้งอุปกรณ์เครื่อง Six-Stage Cascade Impactor บริเวณภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 วันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2553 เวลา 9.00-14.00 น. ตั้งบริเวณตรงกลางของรถโดยสารประจำทางปรับอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 3.4

7. เก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ด้วย Six-Stage Cascade Impactor ที่อัตราการไหล 28.3 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที จำนวน 3 คัน โดยบันทึกข้อมูลทางอุตุนิยมิวิทยา เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความกดอากาศ โดยใช้เครื่องวัดอุตุนิยมิวิทยา Weather Link Vantage

8. สอบเทียบอัตราการไหลของเครื่องดูดอากาศ หลังเก็บตัวอย่างอากาศ จำนวน 10 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย

9. สวมถุงมือไวนิล และทำการปิดฝาจานเพาะเชื้อทันที แล้วทำการติดฉลากระบุหมายเลขตัวอย่างที่กั้นจานเพาะเชื้อ โดยให้ด้านที่มีอาหารอยู่ข้างบน เพื่อป้องกันหยดน้ำกลั่นที่เกาะบนฝาหยดลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นบรรจุใส่ในถุงพลาสติก วางลงในกล่องโฟมที่บรรจุน้ำแข็งเพื่อควบคุมอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส และนำกลับไปวิเคราะห์ตัวอย่างต่อที่ห้องปฏิบัติการ

10. ทำ Field blank โดยใช้จานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อวางบนอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง Six-Stage Cascade Impactor โดยไม่มีการดูดอากาศเข้าอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง เป็นเวลา 10 นาที

11. เก็บตัวอย่างอากาศภายนอก (background) ที่ระดับความสูง 1.5 เมตรจากพื้นดิน โดยใช้จานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ วางบนอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง Six-Stage Cascade Impactor ที่อัตราการไหล 28.3 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที

12. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1-11 อีก 2 ชุด

13. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1-12 แต่เก็บตัวอย่างอากาศในรถปรับอากาศ ในวันที่ 9 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 เวลา 9.00-14.00 น. (รูปที่ 3.5) เก็บตัวอย่างอากาศ ในรถยนต์ส่วนบุคคลในวันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2553 เวลา 9.00-14.00 น. และเก็บตัวอย่างอากาศในรถยนต์ส่วนบุคคลที่มีสัตว์เลี้ยงในวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2553 เวลา 9.00-14.00 น. (รูปที่ 3.6)

3.3.3.2 การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณเชื้อแบคทีเรีย

1. นำตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียที่เก็บตัวอย่างในอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA ไปเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 วัน

2. นับจำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียในแต่ละ stage และคำนวณในรูป CFU/m³

3. เลือกโคโลนีเดี่ยวๆ ของเชื้อแบคทีเรียที่มีลักษณะต่างกัน จากนั้นเพาะเลี้ยงแต่ละโคโลนีในอาหาร TSA ต่อไปโดยเทคนิค Streak plate (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก-4)

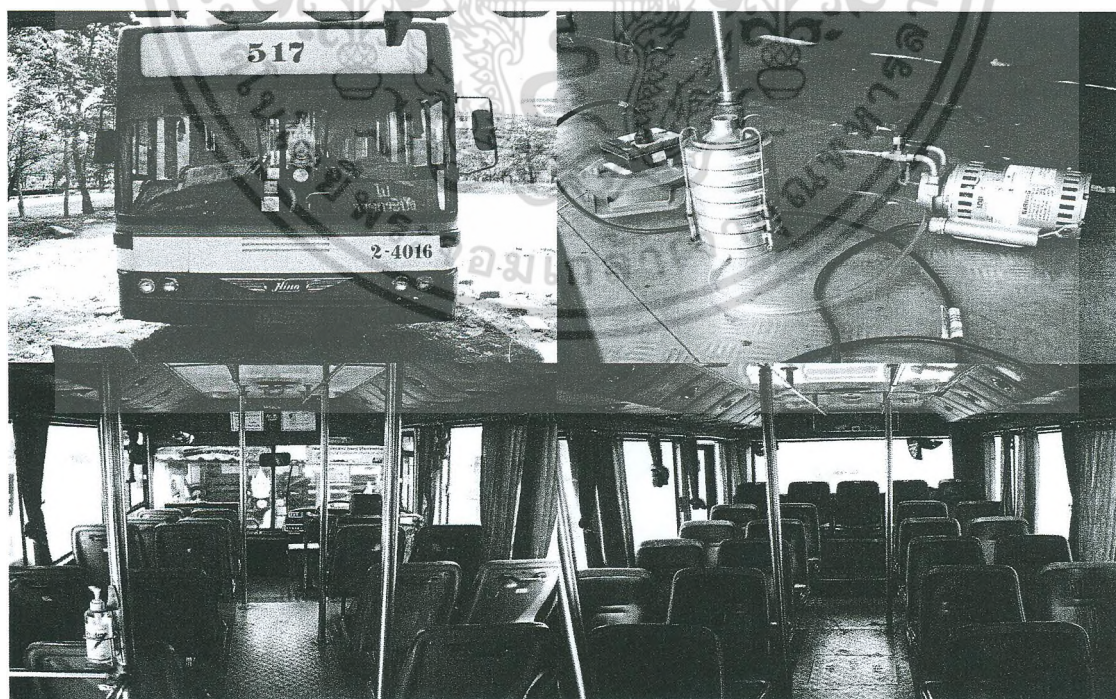
4. ทำการเก็บรักษาเชื้อใน Agar slant และทำ Stock culture ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาชนิดของเชื้อแบคทีเรียต่อไป (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก-5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. จำแนกชนิดของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้ในระดับสกุล โดยศึกษาลักษณะฟีโนไทป์ด้วยการย้อมสีแกรมแล้วส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ เปรียบเทียบกับคู่มือการจัดจำแนกแบคทีเรีย (Bergey's Manual) และวิธี Biochemical Test จากนั้นทำการศึกษาลักษณะฟีโนไทป์ของเชื้อแบคทีเรีย (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก-6) โดยการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของผลิตภัณฑ์ PCR ของยีนช่วง 16S rDNA (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก-7)

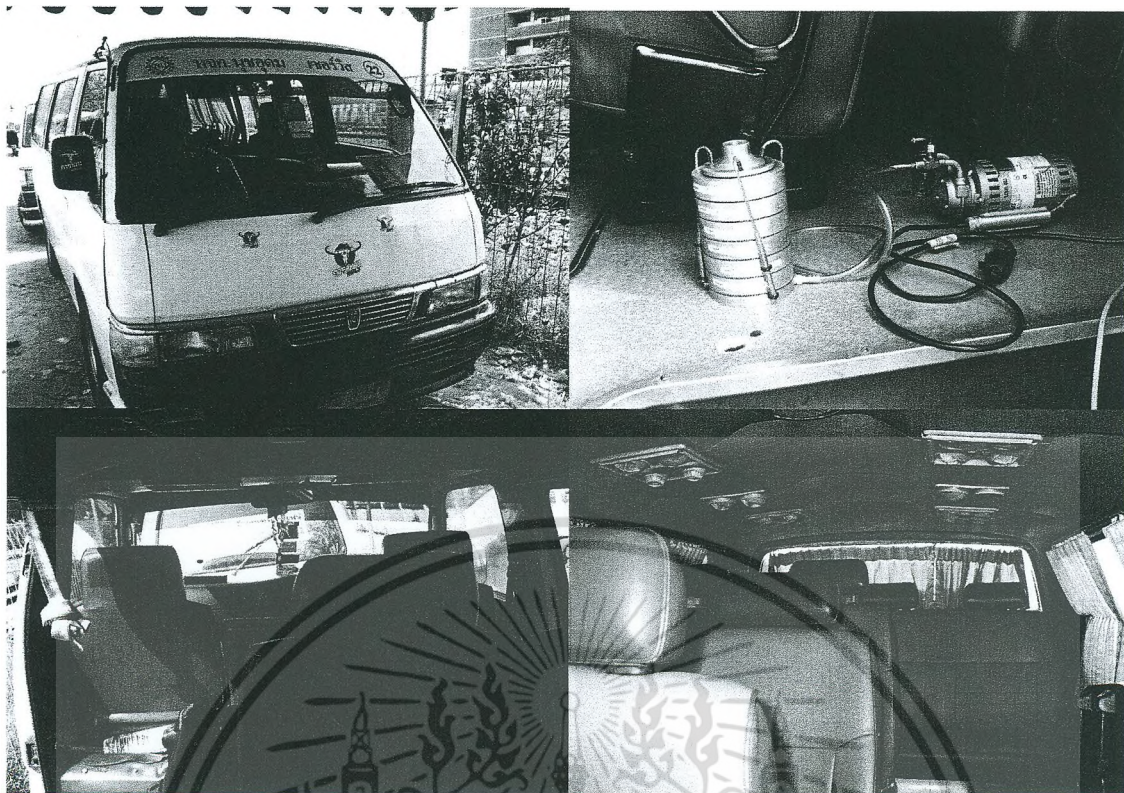
3.3.3.3 การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณเชื้อรา

1. นำตัวอย่างเชื้อราที่เก็บตัวอย่างในอาหารเลี้ยงเชื้อ MEA ไปเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน
2. นับจำนวนโคโลนีของเชื้อรา ในแต่ละ stage และคำนวณในรูป CFU/m³
3. เลือกโคโลนีเดี่ยวๆ ของเชื้อราที่มีลักษณะต่างกัน จากนั้นเพาะเลี้ยงแต่ละโคโลนีในอาหาร MEA ต่อไปโดยเทคนิค Streak plate (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก-4)
4. ทำการเก็บรักษาเชื้อที่แยกได้ใน Agar slant และทำ Stock culture ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาชนิดของเชื้อราต่อไป (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก-5)
5. จำแนกชนิดของเชื้อราเบื้องต้นที่แยกได้ โดยศึกษาลักษณะฟีโนไทป์ด้วยการทำ slide culture จากนั้นส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อดูลักษณะรูปร่าง สีของโคโลนี และสปอร์ของเชื้อรา เปรียบเทียบกับคู่มือการจัดจำแนกเชื้อรา Ainsworth and Baron

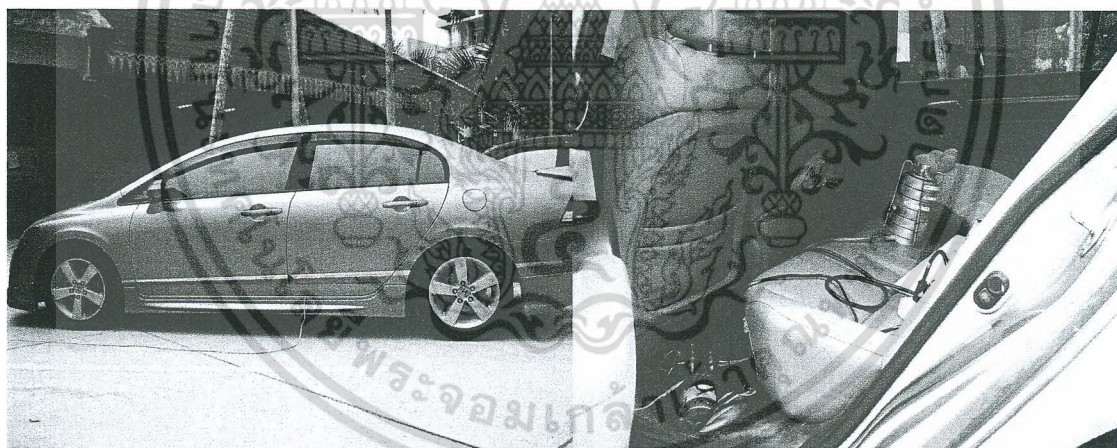


รูปที่ 3.4 สภาพแวดล้อมภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ภาพแวดล้อมภายในรถตู้โดยสารสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต



รูปที่ 3.6 ภาพแวดล้อมภายในรถโดยสารส่วนบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

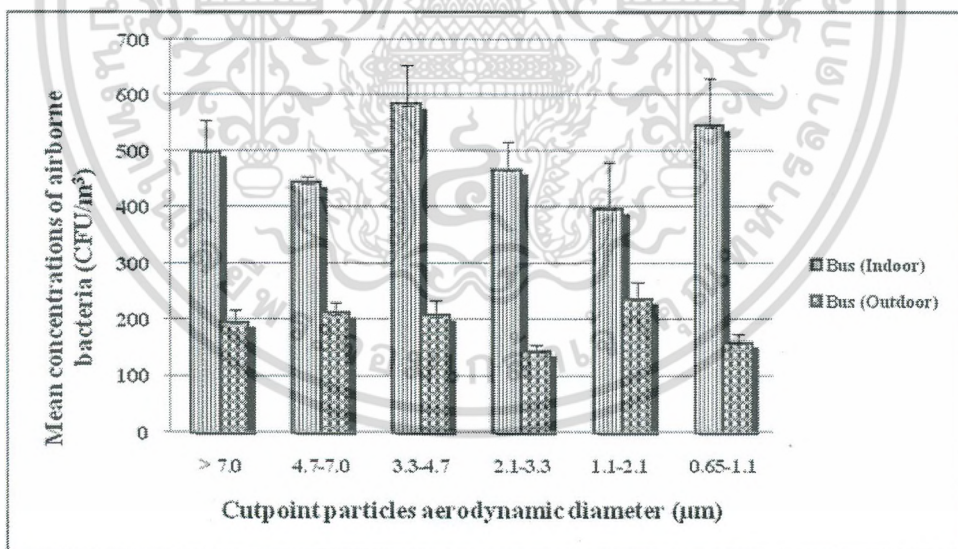
บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆในอากาศภายในรถปรับอากาศ

4.1.1 การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆในอากาศภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะ

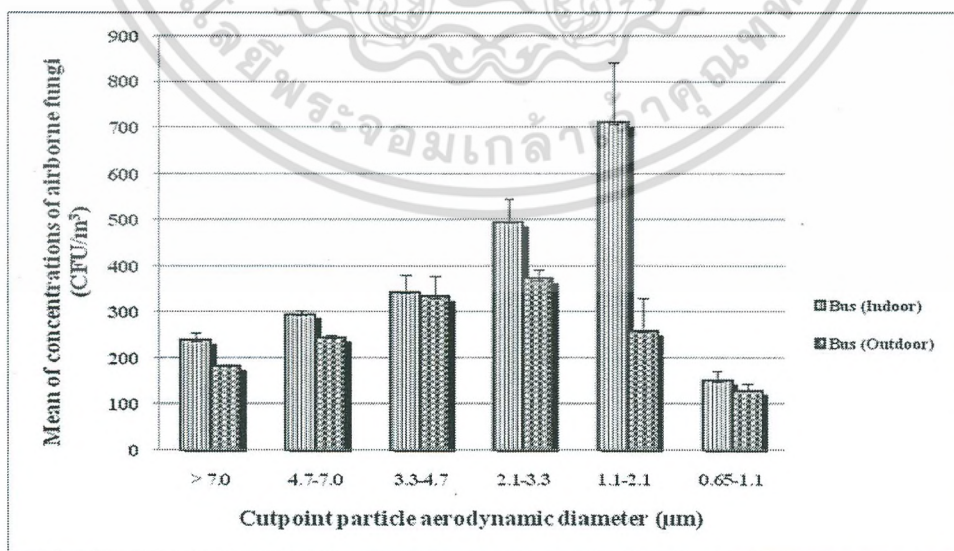
การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆในอากาศภายในและภายนอกรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517 จำนวน 3 คัน บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยเก็บตัวอย่างอากาศด้วยเครื่อง Six-Stage Cascade Impactor ในวันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2553 ที่อัตราการไหล 28.3 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข-1, ข-3, ข-5 และ ข-7) ได้ผลการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆในอากาศภายในและภายนอกรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517

จากรูปที่ 4.1 แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆในอากาศภายในและภายนอกรถโดยสารปรับอากาศสาธารณะสาย 517 พบว่า เชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 3.3-4.7 ไมโครเมตร (stage 3) ในอากาศภายในรถโดยสารประจำทาง มีค่าเฉลี่ยความเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สว่นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 582.97 ± 71.50 CFU/m³ ที่อุณหภูมิ 25 °C ความดัน 1 บรรยากาศ รองลงมา คือ ขนาด 0.65-1.1, >7.0, 2.1-3.3, 4.7-7.0 และ 1.1-2.1 ไมโครเมตร มีค่าเท่ากับ 543.92 ± 87.79 , 497.39 ± 58.44 , 466.11 ± 49.93 , 442.84 ± 12.21 และ 395.91 ± 83.14 CFU/m³ ตามลำดับ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-2 ภาคผนวก ข) ส่วนการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายนอกรถโดยสารประจำทางมีความเข้มข้นใกล้เคียงกัน พบว่าเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 1.1-2.1 ไมโครเมตร (stage 5) มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 235.94 ± 31.93 CFU/m³ ที่อุณหภูมิ 25 °C ความดัน 1 บรรยากาศ รองลงมา คือ ขนาด 4.7-7.0, 3.3-4.7, >7.0, 0.65-1.1 และ 2.1-3.3 ไมโครเมตร มีค่าเท่ากับ 210.19 ± 19.31 , 205.78 ± 29.65 , 194.14 ± 22.52 , 158.44 ± 16.03 และ 140.40 ± 12.40 CFU/m³ ตามลำดับ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-4 ภาคผนวก ข) จากการวิเคราะห์พบว่า เชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคภายในรถโดยสารประจำทาง มีค่าสูงกว่าเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคภายนอกอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ดูรายละเอียดตารางที่ ง-1 ถึง ง-3 ภาคผนวก ง) โดยขนาด >7.0, 4.7-7.0 และ 1.1-2.1 ไมโครเมตร ภายในรถโดยสารประจำทางมีความเข้มข้นสูงกว่าภายนอกประมาณ 2.5-3 เท่า และขนาด 3.3-4.7, 2.1-3.3 และ 0.65-1.1 ไมโครเมตร ภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีความเข้มข้นสูงกว่าภายนอกประมาณ 3-3.5 เท่า ทั้งนี้เชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคภายในรถโดยสารประจำทาง อาจเกิดจากการสะสมตัวของเชื้อแบคทีเรียจากผู้ขับ ผู้โดยสาร และสภาพแวดล้อมภายในรถ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim และคณะ (2006) และ Jareemit และคณะ (2006) ซึ่งพบความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียภายในสถานที่แบบปิดสูงกว่าสถานที่โล่งภายนอก



รูปที่ 4.2 การแพร่กระจายของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและนอกรถ

โดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 แสดงการแพร่กระจายของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและภายนอกโรงโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517 พบว่า เชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 1.1-2.1 ไมโครเมตร (stage 5) ในอากาศภายในรถโดยสารประจำทาง มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสูงสุด เท่ากับ 709.59 ± 133.91 CFU/m³ ที่อุณหภูมิ 25 °C ความดัน 1 บรรยากาศ รองลงมา คือ ขนาด 2.1-3.3, 3.3-4.7, 4.7-7.0, >7.0 และ 0.65-1.1 ไมโครเมตร มีค่าเท่ากับ 493.78 ± 53.51 , 342.13 ± 38.38 , 294.83 ± 7.32 , 238.27 ± 16.85 และ 150.82 ± 21.20 CFU/m³ ตามลำดับ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-6 ภาคผนวก ข) ส่วนการแพร่กระจายของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายนอกโรงโดยสารประจำทาง พบว่า เชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 2.1-3.3 ไมโครเมตร (stage 4) มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 371.04 ± 21.57 CFU/m³ ที่อุณหภูมิ 25 °C ความดัน 1 บรรยากาศ รองลงมา คือ ขนาด 3.3-4.7, 1.1-2.1, 4.7-7.0, >7.0, และ 0.65-1.1 ไมโครเมตร มีค่าเท่ากับ 332.53 ± 45.56 , 257.52 ± 72.21 , 243.48 ± 6.17 , 181.31 ± 4.55 และ 129.16 ± 14.70 CFU/m³ ตามลำดับ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-8 ภาคผนวก ข) จากผลการวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่า เชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 2.1-3.3 และ 1.1-2.1 ไมโครเมตร ภายในรถโดยสารประจำทาง มีค่าสูงกว่าเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคภายนอก โดยเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 1.1-2.1 ไมโครเมตร ในอากาศภายในมีความเข้มข้นสูงกว่าภายนอกประมาณ 2.7 เท่า ส่วนเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคฝุ่นละอองภายในและภายนอกโรงโดยสารประจำทางขนาดอื่นๆ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ง-4 ถึง ง-6 ภาคผนวก ง) ทั้งนี้เชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 2.1-3.3 และ 1.1-2.1 ไมโครเมตร ภายในรถโดยสารประจำทาง อาจมีแหล่งกำเนิดจากผู้ขับและผู้โดยสาร และสภาพแวดล้อมภายในรถโดยสารที่มีความชื้นสูง เหมาะแก่การเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา (ตารางที่ ข-33 ภาคผนวก ข) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thunyasirinon และคณะ (2008) ซึ่งพบจำนวนเชื้อราทั้งหมดในบรรยากาศภายในอาคารมากกว่าบรรยากาศภายนอกอาคาร

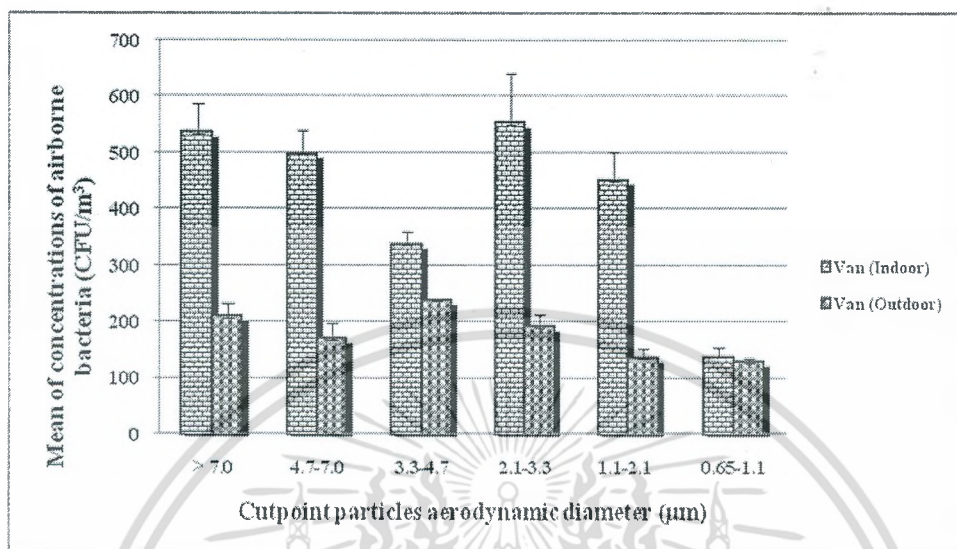
4.1.2 การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ใน

อากาศภายในรถโดยสารปรับอากาศสาธารณะ

การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและภายนอกโรงโดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต จำนวน 3 คัน บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยเก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคในอากาศด้วยเครื่อง Six-Stage Cascade Impactor ในวันที่ 9 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 ที่อัตราการไหลเฉลี่ย 28.3 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที (รายละเอียดแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตารางที่ ข-9, ข-11, ข-13 และ ข-15 ภาคผนวก ข) ได้ผลการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

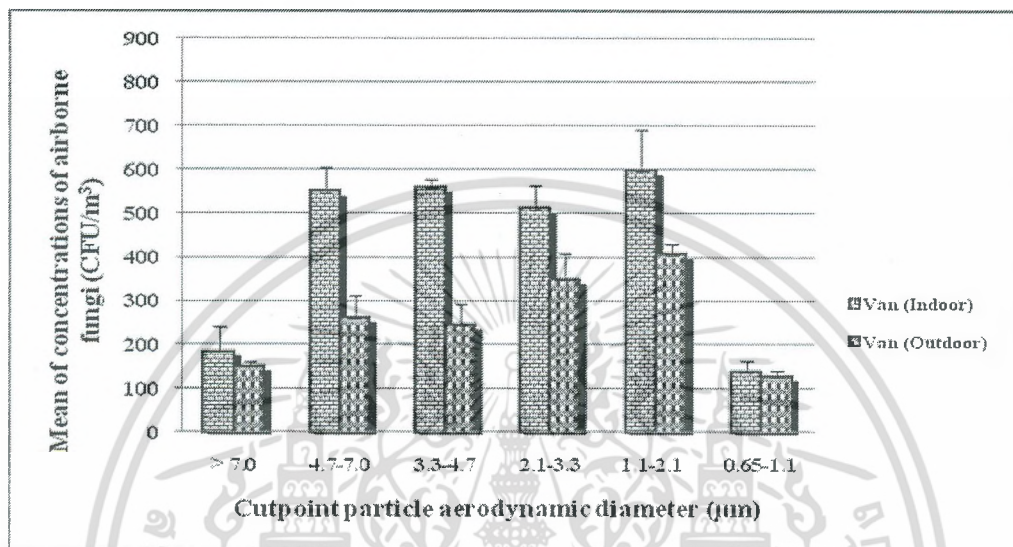


รูปที่ 4.3 การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและภายนอกรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต

รูปที่ 4.3 แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและภายนอกรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะ พบว่า เชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 2.1-3.3 ไมโครเมตร (stage 4) ในอากาศภายในรถตู้โดยสาร มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 552.74 ± 89.02 CFU/m³ ที่อุณหภูมิ 25 °C ความดัน 1 บรรยากาศ รองลงมา คือ ขนาด >7.0, 4.7-7.0, 1.1-2.1, 3.3-4.7 และ 0.65-1.1 ไมโครเมตร มีค่าเท่ากับ 535.43 ± 53.38 , 497.58 ± 41.90 , 450.48 ± 51.42 , 366.56 ± 23.43 และ 138.49 ± 15.76 CFU/m³ ตามลำดับ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-10 ภาคผนวก ข) ส่วนการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายนอกรถตู้โดยสาร พบว่าเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 3.3-4.7 ไมโครเมตร (stage 3) มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 237.12 ± 3.69 CFU/m³ ที่อุณหภูมิ 25 °C ความดัน 1 บรรยากาศ รองลงมา คือ ขนาด >7.0, 2.1-3.3, 4.7-7.0, 1.1-2.1 และ 0.65-1.1 ไมโครเมตร มีค่าเท่ากับ 208.13 ± 24.82 , 190.42 ± 21.61 , 169.08 ± 28.40 , 135.27 ± 17.87 และ 128.42 ± 6.65 CFU/m³ ตามลำดับ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-12 ภาคผนวก ข) จากผลการวิเคราะห์พบว่า เชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด >7.0, 4.7-7.0, 2.1-3.3 และ 1.1-2.1 ไมโครเมตร ในอากาศภายในรถตู้โดยสารมีความเข้มข้นสูงกว่าภายนอกรถตู้โดยสาร โดยประมาณ 3 เท่า ซึ่งเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคเหล่านี้ อาจมีแหล่งกำเนิดจากผู้ขับขี และผู้โดยสาร และสภาพแวดล้อมภายในรถตู้โดยสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนขนาด 0.65-1.1 ไมโครเมตร มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ง-1 ถึง ง-3 ภาคผนวก ง) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim และคณะ (2006) และ Jareemit และคณะ (2006) พบว่าภายในอาคารมีการสะสมของเชื้อแบคทีเรียมากกว่าภายนอกอาคาร



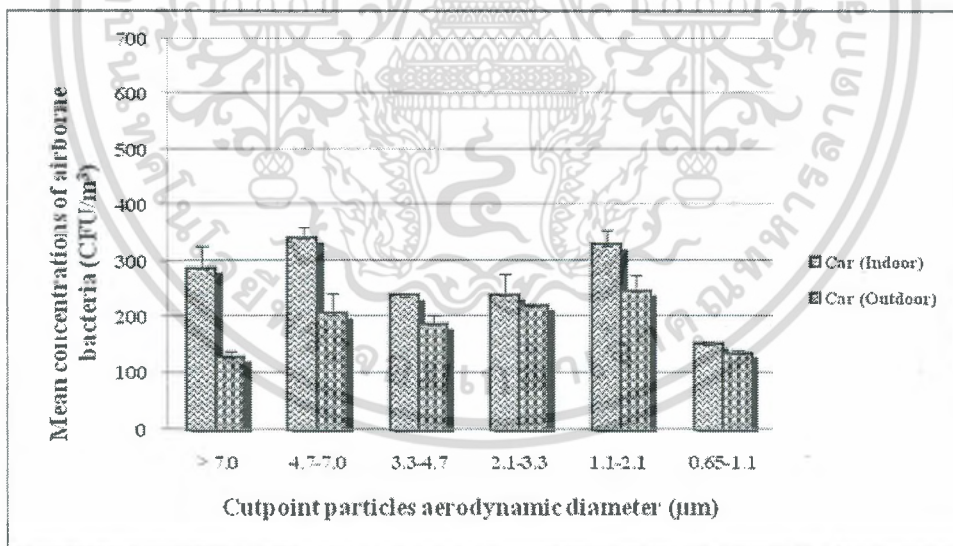
รูปที่ 4.4 การแพร่กระจายของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและภายนอกอาคาร โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต

รูปที่ 4.4 แสดงการแพร่กระจายของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและภายนอกอาคาร โดยสารปรับอากาศสาธารณะ พบว่า เชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 1.1-2.1 ไมโครเมตร (stage 5) ในอากาศภายในรถตู้โดยสารปรับอากาศ มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 598.63 ± 94.48 CFU/m³ ที่อุณหภูมิ 25 °C ความดัน 1 บรรยากาศ รองลงมา คือ ขนาด 3.3-4.7, 4.7-7.0, 2.1-3.3, >7.0 และ 0.65-1.1 ไมโครเมตร มีค่าเท่ากับ 559.58 ± 20.11 , 549.92 ± 56.52 , 510.87 ± 53.31 , 182.77 ± 56.39 และ 138.08 ± 24.82 CFU/m³ ตามลำดับ (รายละเอียดในตารางที่ ข-14 ภาคผนวก ข) ส่วนการแพร่กระจายของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายนอกอาคาร โดยพบว่า เชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 1.1-2.1 ไมโครเมตร (stage 5) มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 407.00 ± 24.51 CFU/m³ ที่อุณหภูมิ 25 °C ความดัน 1 บรรยากาศ รองลงมา คือ ขนาด 2.1-3.3, 4.7-7.0, 3.3-4.7, >7.0 และ 0.65-1.1 ไมโครเมตร มีค่าเท่ากับ 349.03 ± 61.09 , 260.07 ± 51.13 , 243.56 ± 50.41 , 148.95 ± 12.16 และ 127.21 ± 12.21 CFU/m³ ตามลำดับ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-16 ภาคผนวก ข) จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่า เชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 4.7-7.0 และ 3.3-4.7 ไมโครเมตร ในอากาศภายในรถตู้โดยสารมีความเข้มข้นสูงกว่า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายนอกฤดูโดยสารประมาณ 2 เท่า ส่วนเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด >7.0 , $2.1-3.3$, $1.1-2.1$ และ $0.65-1.1$ ไมโครเมตรในอากาศภายในและภายนอกฤดูโดยสาร มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ง-4 ถึง ง-6 ภาคผนวก ง) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim และคณะ (2006) และ Jareemit และคณะ (2006) ซึ่งพบความเข้มข้นของเชื้อราภายในสถานที่แบบปิดสูงกว่าสถานที่โล่งภายนอก

4.1.3 การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

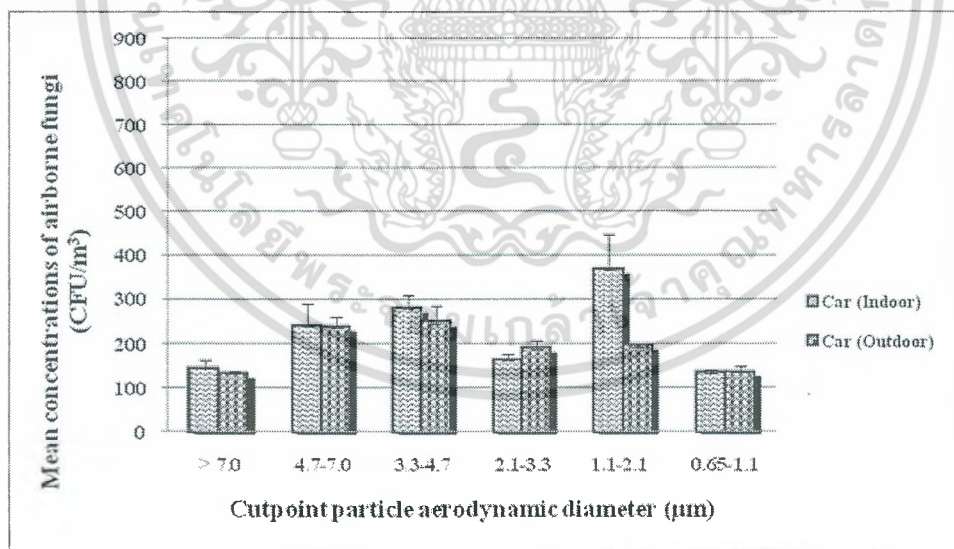
การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลจำนวน 3 คัน บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยเก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศด้วยเครื่อง Six-Stage Cascade Impactor ในวันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2553 ที่อัตราการไหล 28.3 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที (รายละเอียดแสดงในตารางที่ ข-17, ข-19, ข-21 และ ข-23 ภาคผนวก ข) ได้ผลการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ



รูปที่ 4.5 การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

รูปที่ 4.5 แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล พบว่า เชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด $4.7-7.0$ ไมโครเมตร (stage 2) ในอากาศภายในรถยนต์ส่วนบุคคล มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 338.51 ± 19.90 CFU/m³ ที่อุณหภูมิ 25 °C ความดัน 1 บรรยากาศ รองลงมา คือ ขนาด 1.1-2.1, >7.0, 2.1-3.3, 3.3-4.7 และ 0.65-1.1 ไมโครเมตร มีค่าเท่ากับ 326.16 ± 26.90 , 284.75 ± 40.87 , 236.96 ± 38.94 , 235.76 ± 5.89 และ 149.74 ± 5.64 CFU/m³ ตามลำดับ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-18 ภาคผนวก ข) ส่วนการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล พบว่าเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 1.1-2.1 ไมโครเมตร (stage 5) มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 244.13 ± 29.62 CFU/m³ ที่อุณหภูมิ 25 °C ความดัน 1 บรรยากาศ รองลงมา คือ ขนาด 2.1-3.3, 4.7-7.0, 3.3-4.7, 0.65-1.1 และ >7.0 ไมโครเมตร มีค่าเท่ากับ 218.24 ± 2.76 , 203.51 ± 36.48 , 184.79 ± 17.49 , 134.21 ± 5.52 และ 127.04 ± 10.17 CFU/m³ ตามลำดับ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-20 ภาคผนวก ข) จากผลการวิเคราะห์พบว่า เชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด >7.0 และ 4.7-7.0 ไมโครเมตร ในอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล มีความเข้มข้นสูงกว่าภายนอกประมาณ 1.5-2 เท่า ส่วนเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดอื่นๆ ภายในและภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ง-1 ถึง ง-3 ภาคผนวก ง) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yang และ Heinsohn (2007) พบว่าภายในอาคารมีการสะสมของเชื้อแบคทีเรียมากกว่าภายนอกอาคาร



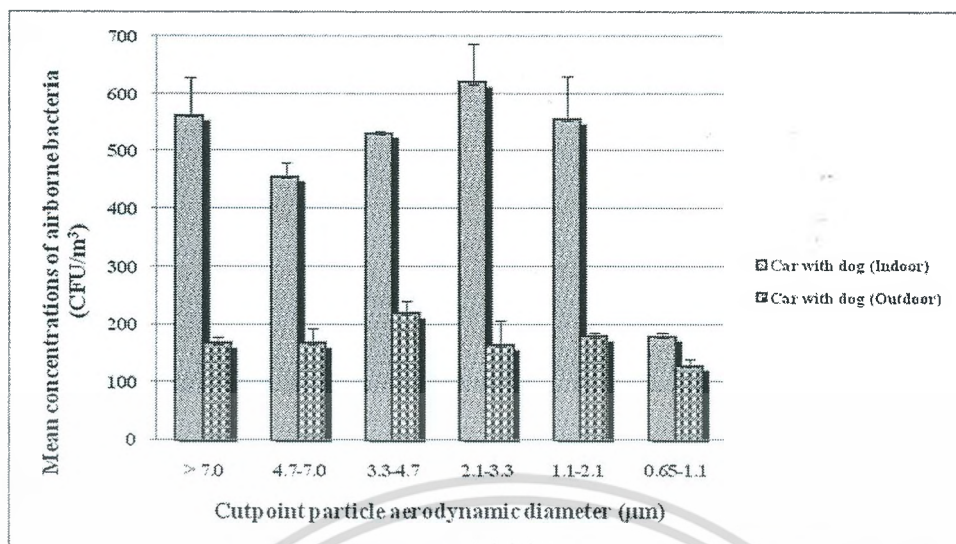
รูปที่ 4.6 การแพร่กระจายของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

รูปที่ 4.6 แสดงการแพร่กระจายของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล พบว่า เชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 1.1-2.1 ไมโครเมตร เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครเมตร (stage 5) ในอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 367.55 ± 81.96 CFU/m³ ที่อุณหภูมิ 25 °C ความดัน 1 บรรยากาศ รองลงมา คือ ขนาด 3.3-4.7, 4.7-7.0, 2.1-3.3, >7.0 และ 0.65-1.1 ไมโครเมตร มีค่าเท่ากับ 279.97 ± 30.70 , 240.94 ± 49.32 , 163.28 ± 14.45 , 143.77 ± 18.75 และ 134.61 ± 6.13 CFU/m³ ตามลำดับ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-22 ภาคผนวก ข) ส่วนการแพร่กระจายของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล พบว่า เชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 3.3-4.7 ไมโครเมตร (stage 3) มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 248.11 ± 35.65 CFU/m³ ที่อุณหภูมิ 25 °C ความดัน 1 บรรยากาศ รองลงมา คือ ขนาด 4.7-7.0, 1.1-2.1, 2.1-3.3, 0.65-1.1 และ >7.0 ไมโครเมตร มีค่าเท่ากับ 238.15 ± 21.45 , 195.14 ± 4.53 , 189.56 ± 18.68 , 135.80 ± 11.97 และ 132.22 ± 6.79 CFU/m³ ตามลำดับ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-24 ภาคผนวก ข) จากผลการวิเคราะห์พบว่า เชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 1.1-2.1 ไมโครเมตร ภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล มีความเข้มข้นสูงกว่าภายนอกประมาณ 2 เท่า ส่วนเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดอื่นๆ ภายในและภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ง-4 ถึง ง-6 ภาคผนวก ง) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim และคณะ (2006) ซึ่งพบความเข้มข้นของเชื้อราภายในสถานที่แบบปิดสูงกว่าสถานที่โล่งภายนอก

4.1.4 การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข

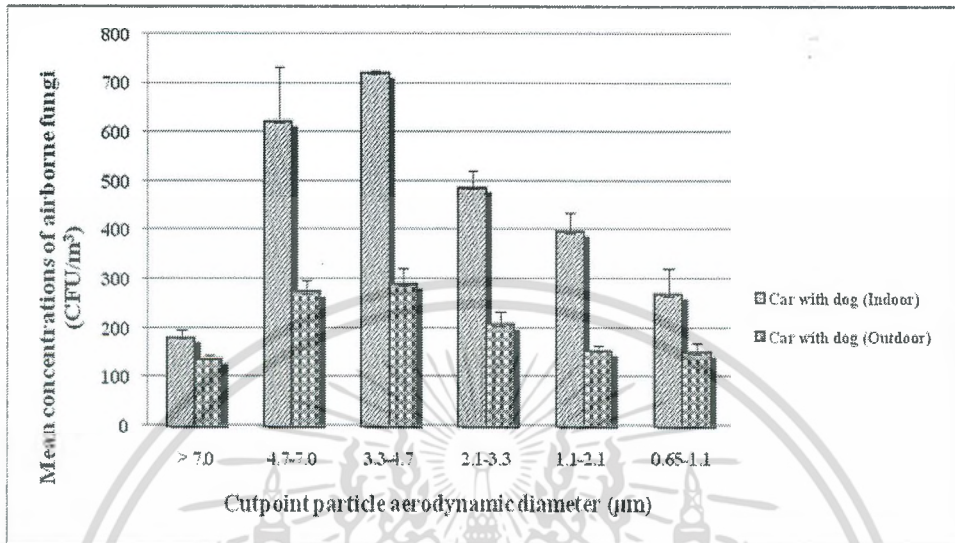
การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัขจำนวน 3 คัน บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยเก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศด้วยเครื่อง Six-Stage Cascade Impactor ในวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2553 ที่อัตราการไหลเฉลี่ย 28.3 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที (รายละเอียดแสดงในตารางที่ ข-25, ข-27, ข-29 และ ข-31 ภาคผนวก ข) ได้ผลศึกษาดังแสดงในรูปที่ 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ



รูปที่ 4.7 การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข

รูปที่ 4.7 แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข พบว่า เชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 2.1-3.3 ไมโครเมตร (stage 4) ในอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 618.00 ± 67.72 CFU/m³ ที่อุณหภูมิ 25 °C ความดัน 1 บรรยากาศ รองลงมา คือ ขนาด >7.0, 1.1-2.1, 3.3-4.7, 4.7-7.0 และ 0.65-1.1 ไมโครเมตร มีค่าเท่ากับ 559.61 ± 68.18 , 553.12 ± 76.96 , 530.01 ± 4.27 , 453.44 ± 26.44 และ 177.62 ± 7.40 CFU/m³ ตามลำดับ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-26 ภาคผนวก ข) ส่วนการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข พบว่าเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 3.3-4.7 ไมโครเมตร (stage 3) มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 216.95 ± 22.60 CFU/m³ ที่อุณหภูมิ 25 °C ความดัน 1 บรรยากาศ รองลงมา คือ ขนาด 1.1-2.1, 4.7-7.0, >7.0, 2.1-3.3 และ 0.65-1.1 ไมโครเมตร มีค่าเท่ากับ 176.80 ± 9.29 , 165.85 ± 25.99 , 165.45 ± 11.61 , 162.21 ± 44.22 และ 126.52 ± 12.17 CFU/m³ ตามลำดับ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-28 ภาคผนวก ข) จากผลการวิเคราะห์พบว่า เชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด >7.0, 4.7-7.0, 3.3-4.7 และ 1.1-2.1 ไมโครเมตร ภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข มีความเข้มข้นสูงกว่าภายนอกประมาณ 2.5-3 เท่า ขนาด 2.1-3.3 ไมโครเมตร ในอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข มีความเข้มข้นสูงกว่าภายนอกประมาณ 4 เท่า ส่วนเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 0.65-1.1 ไมโครเมตร ในอากาศภายในและภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ง-1 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง ง-3 ภาคผนวก ง) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jareemit และคณะ (2006) พบว่าภายในอาคารมีการสะสมของเชื้อแบคทีเรียมากกว่าภายนอกอาคาร



รูปที่ 4.8 การแพร่กระจายของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข

รูปที่ 4.8 แสดงการแพร่กระจายของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายในและภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข พบว่า เชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 3.3-4.7 ไมโครเมตร (stage 3) ในอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 718.57 ± 7.92 CFU/m³ ที่อุณหภูมิ 25 °C ความดัน 1 บรรยากาศ รองลงมา คือ ขนาด 4.7-7.0, 2.1-3.3, 1.1-2.1, 0.65-1.1 และ >7.0 ไมโครเมตร มีค่าเท่ากับ 620.28 ± 113.27 , 485.81 ± 34.88 , 395.38 ± 39.16 , 267.24 ± 55.16 และ 179.24 ± 18.26 CFU/m³ ตามลำดับ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-30 ภาคผนวก ข) ส่วนการแพร่กระจายของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข พบว่า เชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 3.3-4.7 ไมโครเมตร (stage 3) มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 288.73 ± 34.44 CFU/m³ ที่อุณหภูมิ 25 °C ความดัน 1 บรรยากาศ รองลงมา คือ ขนาด 4.7-7.0, 2.1-3.3, 1.1-2.1, 0.65-1.1 และ >7.0 ไมโครเมตร มีค่าเท่ากับ 271.70 ± 26.50 , 201.13 ± 26.99 , 167.07 ± 16.20 , 154.09 ± 27.80 และ 134.63 ± 9.84 CFU/m³ ตามลำดับ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-32 ภาคผนวก ข) จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่า เชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาค ขนาด 4.7-7.0, 3.3-4.7, 2.1-3.3 และ 1.1-2.1 ไมโครเมตร ในอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข มีความเข้มข้นสูงกว่าภายนอกประมาณ 2 เท่า ส่วนขนาด >7.0 และ 0.65-1.1 ไมโครเมตร ภายในและภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุนัข มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ง-4 ถึง ง-6 ภาคผนวก ง) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thunyasirinon และคณะ (2008) ซึ่งพบจำนวนเชื้อราทั้งหมดในบรรยากาศภายในอาคารมากกว่าบรรยากาศภายนอกอาคาร

จากผลการทดลองพบว่า ในอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข พบเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรามากที่สุด รองลงมาคือ รถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะ รถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะ และรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล อย่างไรก็ตาม พบเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาด 0.65-1.1 ไมโครเมตร ในอากาศภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสูงสุด ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจส่วนล่างมากกว่ารถปรับอากาศประเภทอื่น นอกจากนี้ยังพบว่า สุนัขเป็นแหล่งกำเนิดสำคัญของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข ส่วนรถยนต์ประเภทอื่นๆ ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา จะขึ้นอยู่กับจำนวนผู้โดยสาร การถ่ายเทอากาศ สภาพอากาศภายในรถยนต์ (ตารางที่ ข-33 ภาคผนวก ข) รวมทั้งการทำความสะอาดภายในรถยนต์

4.2 ผลการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่ในอากาศภายในรถปรับอากาศ

4.2.1 ผลการคัดแยกเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในรถปรับอากาศ

ผลจากการคัดแยกเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในรถปรับอากาศ 4 ประเภท ได้แก่ รถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517 รถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล และรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข โดยเลือกโคโลนีเดี่ยวของเชื้อแบคทีเรียที่มีลักษณะต่างกัน จากนั้นเพาะเลี้ยงแต่ละโคโลนีในอาหาร Tryptone Soya Agar (TSA) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 วัน พบเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517 จำนวน 12 ไอโซเลท จากรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต 13 ไอโซเลท จากรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล 10 ไอโซเลท และรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข 12 ไอโซเลท ดังแสดงในตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 จำนวนไอโซเลทเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากรถโดยสารปรับอากาศสาธารณะ

วันที่เก็บตัวอย่าง	สถานที่เก็บตัวอย่าง	จำนวนไอโซเลท แบคทีเรีย	ลักษณะโคโลนี
วันที่ 19 มกราคม 2553	รถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517	12	ลักษณะโคโลนีมีสีขาวขุ่น เหมือนครีม รูปร่างกลม
วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2553	รถตู้โดยสารปรับอากาศ สาธารณะสายลาดกระบัง- อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต	13	ลักษณะโคโลนีมีสีขาวขุ่น เหมือนครีม รูปร่างกลม
วันที่ 17 มีนาคม 2553	รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล	10	ลักษณะโคโลนีมีสีขาวขุ่น เหมือนครีม รูปร่างกลม
วันที่ 31 มีนาคม 2553	รถยนต์ปรับอากาศ ส่วนบุคคลที่มีสุนัข	12	ลักษณะโคโลนีมีสีขาวขุ่น เหมือนครีม รูปร่างกลม

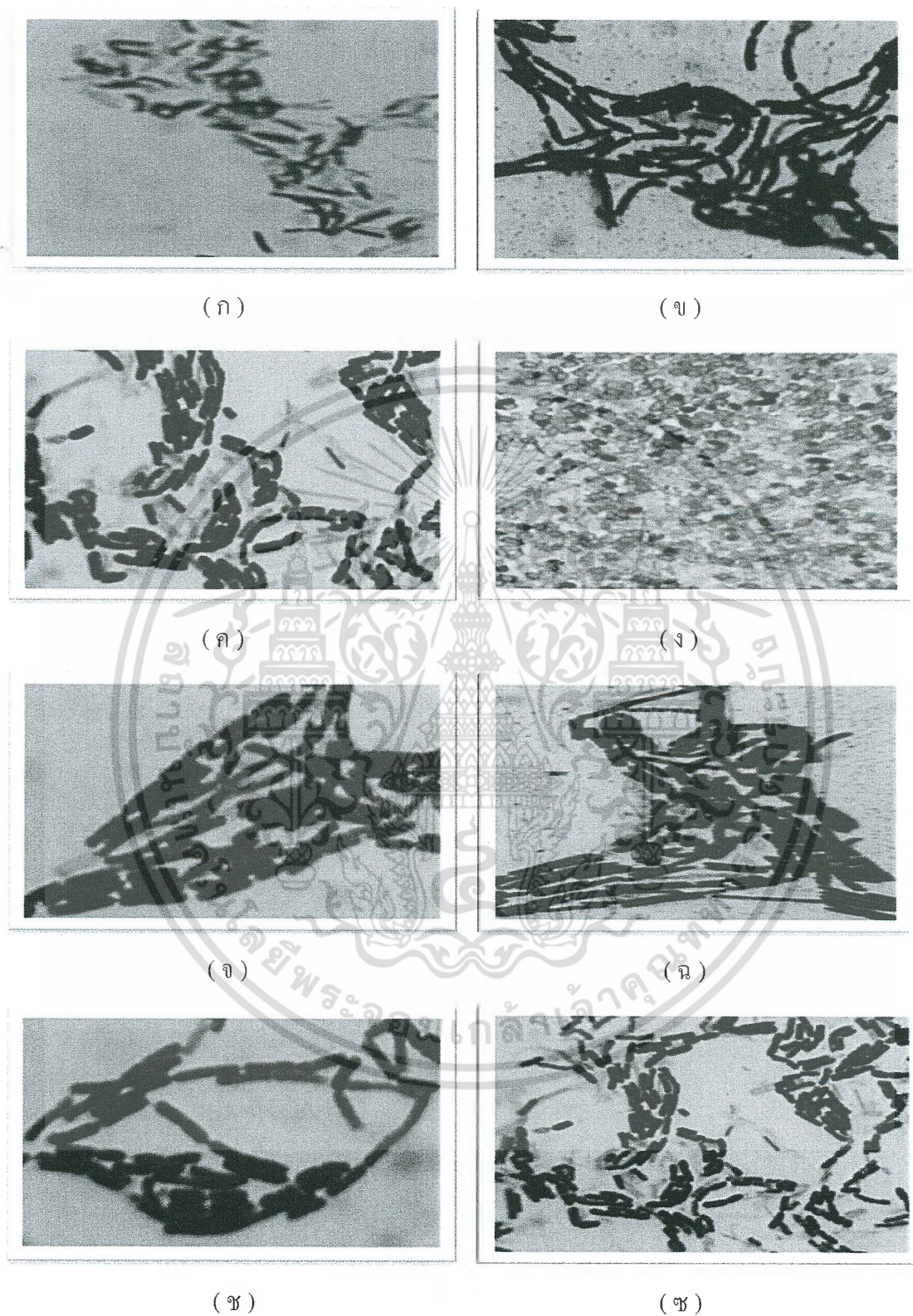
4.2.2 ผลการศึกษาลักษณะทางฟิโนไทป์ของเชื้อแบคทีเรียที่ในอากาศภายในรถปรับอากาศ

อากาศ

จากการศึกษาลักษณะทางฟิโนไทป์ของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากผลการทดลองที่ 4.2.1 ด้วยการย้อมแกรม แล้วส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า พบว่า สามารถจัดกลุ่มเชื้อแบคทีเรียตามการติดสีแกรมจาก 47 ไอโซเลท เหลือ 14 ไอโซเลท โดยพบเชื้อแบคทีเรีย 2 ลักษณะ คือ รูปร่างเป็นท่อน แกรมบวก และรูปร่างกลม แกรมบวก ดังแสดงในรูปที่ 4.9

จากผลการทดลอง พบว่า เชื้อแบคทีเรียส่วนใหญ่ในอากาศ เป็นแบคทีเรียกลุ่มแกรมบวก รูปร่างท่อน และแกรมบวก รูปร่างกลม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yang และ Heinsohn (2007) ซึ่งพบเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างท่อน สร้างสปอร์ในอากาศถึง 35 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ *Bacillus* sp. และพบเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างกลมในอากาศถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ *Micrococcus* sp. จากการทดลองไม่พบเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างท่อน และแกรมลบ รูปร่างกลมในอากาศ เนื่องจากเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ จะเจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีความชื้นสูง ซึ่งแบคทีเรียในกลุ่มนี้จะพบในอากาศเพียง 5 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

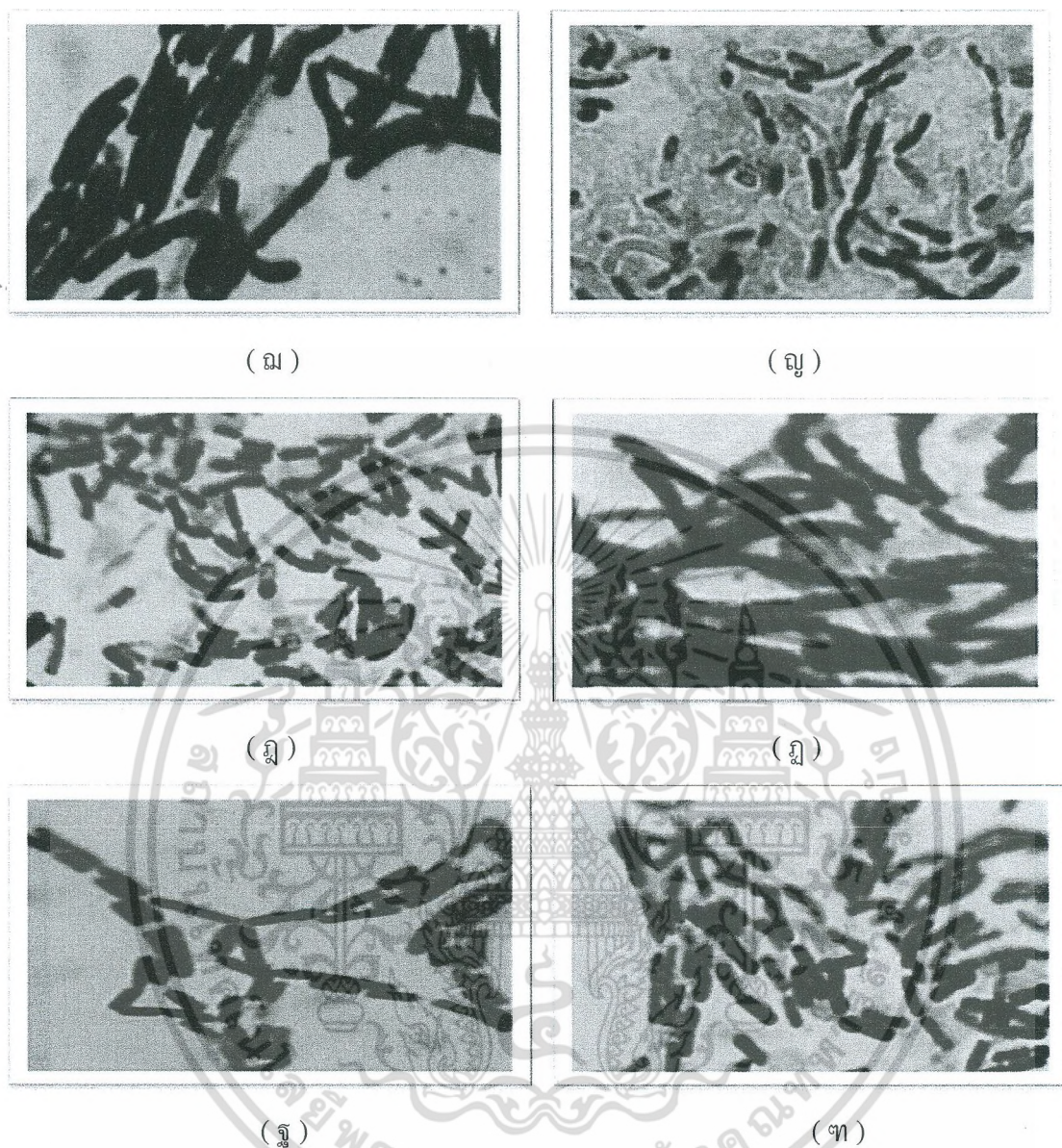
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ลักษณะของเซลล์แบคทีเรียในอากาศอายุ 1 วัน ที่คัดแยกได้จากกรรปรับอากาศ ในการติดสี

แกรมที่กำลังขยาย 1,000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 (ต่อ) ลักษณะของเซลล์แบคทีเรียในอากาศอายุ 1 วัน ที่คัดแยกได้จากกรณปรับอากาศ ใน การติดสีแกรมที่กำลังขยาย 1,000 เท่า

- ก = เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท B1 ข = เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท B2 ค = เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท B3
 ง = เชื้อแบคทีเรีย ไอโซเลท B4 จ = เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท B5 ฉ = เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท B6
 ช = เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท B7 ซ = เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท B8 ฌ = เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท B9
 ญ = เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท B10 ฎ = เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท B11 ฏ = เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท B1
 ฐ = เชื้อแบคทีเรีย ไอโซเลท B13 ฑ = เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท B14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี

Isolate no.	Physiological		NaCl tolerance ^a							pH tolerance ^b					Nitrate reduction ^c	Starch hydrosis ^d	Catalase ^e
	Shape	Gram	1.5	2	3	4	5	6	7	4	4.5	5	6	8			
B1	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
B2	รูปท่อนรี กระจายตัว	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+
B3	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+
B4	รูปกลม เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+
B5	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+
B6	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
B7	รูปท่อน เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+
B8	รูปท่อน เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+
B9	รูปท่อน กระจายตัว	(+)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
B10	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี

Isolate no.	Physiological		NaCl tolerance ^a							pH tolerance ^b					Nitrate reduction ^c	Starch hydrolysis ^d	Catalase ^e
	Shape	Gram	1.5	2	3	4	5	6	7	4	4.5	5	6	8			
B11	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+
	เกาะกันเป็นกลุ่ม																
B12	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย	(+)	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+
	เกาะกันเป็นกลุ่ม																
B13	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย	(+)	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
B14	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-

หมายเหตุ : ^a NaCl tolerance

การอ่านผล ผลบวก (+) : มีเชื้อขึ้น

ผลลบ (-) : ไม่มีเชื้อขึ้น

^b pH tolerance

การอ่านผล ผลบวก (+) : มีเชื้อขึ้น

ผลลบ (-) : ไม่มีเชื้อขึ้น

^c Nitrate reduction

การอ่านผล ผลบวก (+) : มีสีแดงเกิดขึ้นหรือไม่มีสีแดงเกิดขึ้น ในการทดสอบตอนแรก และเมื่อเติมผงสังกะสีลงไปก็ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ผลลบ (-) : ไม่มีสีแดงเกิดขึ้นในตอนแรก และจะมีสีแดงเกิดขึ้น เมื่อเติมผงสังกะสีลงไป

^d Starch hydrolysis

การอ่านผล ผลบวก (+) : รอบๆ โคลินีแบคทีเรียไม่มีสี แต่บริเวณที่ไม่มีแบคทีเรียเจริญมีสีน้ำตาล

ผลลบ (-) : รอบๆ โคลินี มีสีน้ำตาลเหมือนกับบริเวณที่ไม่มีแบคทีเรียเจริญ

^e Catalase

การอ่านผล ผลบวก (+) : มีฟองก๊าซเกิดขึ้นทันที

ผลลบ (-) : ไม่มีฟองก๊าซเกิดขึ้น

จากผลการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 14 ไอโซเลท พบว่าเชื้อไอโซเลท B1 และ B6 มีผลการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีคล้ายคลึงกัน, เชื้อไอโซเลท B3, B5, B7, B11 และ B14 คล้ายคลึงกัน, เชื้อไอโซเลท B8, B10 และ B13 คล้ายคลึงกัน ส่วนเชื้อไอโซเลท B2, B4, B9 และ B12 มีผลการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีแตกต่างจากไอโซเลทตัวอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.2 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก-1) จากผลการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี สามารถจัดกลุ่มของเชื้อแบคทีเรียจาก 14 ไอโซเลท เหลือ 7 ไอโซเลท จากนั้นนำไอโซเลททั้ง 7 ชนิดไปศึกษาลำดับ

นิวคลีโอไทด์ต่อไป

4.2.3 ผลการจำแนกชนิดของเชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆในอากาศ โดย การวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA

จากผลการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของแต่ละไอโซเลทไปเปรียบเทียบกับสิ่งมีชีวิตอื่นในธนาคารยีน พบว่า เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท B1 และ B6 มีลำดับนิวคลีโอไทด์คล้ายคลึงกับลำดับนิวคลีโอไทด์แบคทีเรีย *Bacillus marisflavi* เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท B3, B5, B7, B11 และ B14 มีลำดับนิวคลีโอไทด์คล้ายคลึงกับลำดับนิวคลีโอไทด์แบคทีเรีย *Bacillus aryabhatai* เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท B8, B10 และ B13 มีลำดับนิวคลีโอไทด์คล้ายคลึงกับลำดับนิวคลีโอไทด์แบคทีเรีย *Bacillus anthracis* เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท B2 มีลำดับนิวคลีโอไทด์คล้ายคลึงกับลำดับนิวคลีโอไทด์แบคทีเรีย *Bacillus altitudinis* เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท B4 มีลำดับนิวคลีโอไทด์คล้ายคลึงกับลำดับนิวคลีโอไทด์แบคทีเรีย *Staphylococcus cohnii* subsp. *urealyticus* เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท B9 มีลำดับนิวคลีโอไทด์คล้ายคลึงกับลำดับนิวคลีโอไทด์แบคทีเรีย *Bacillus endophyticus* และเชื้อแบคทีเรียไอโซเลท B12 มีลำดับนิวคลีโอไทด์คล้ายคลึงกับลำดับนิวคลีโอไทด์แบคทีเรีย *Bacillus flexus* (ดังแสดงในภาคผนวก ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ความคล้ายคลึงของลำดับนิวคลีโอไทด์ ในช่วง 16S rDNA ของเชื้อตัวอย่างกับเชื้อจากฐานข้อมูล*

ประเภท	ขนาดของเชื้อแบคทีเรียที่พบ (μm)	เชื้อจากฐานข้อมูล*	ร้อยละความคล้ายคลึง (%Similarity)
รถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517	>7.0, 2.1-3.3, 0.65-1.1	<i>Bacillus flexus</i>	99.924
	>7.0, 4.7-7.0, 2.1.3.3, 1.1-2.1	<i>Bacillus anthracis</i>	100.000
	>7.0, 3.3-4.7, 1.1-2.1	<i>Bacillus aryabhatai</i>	100.000
รถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต	>7.0, 4.7-7.0, 1.1-2.1	<i>Bacillus anthracis</i>	100.000
	3.3-4.7, 1.1-2.1	<i>Bacillus aryabhatai</i>	100.000
	4.7-7.0, 0.65-1.1	<i>Bacillus endophyticus</i>	99.607
	4.7-7.0, 3.3-4.7	<i>Bacillus marisflavi</i>	100.000
รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล	4.7-7.0, 3.3-4.7, 2.1-3.3	<i>Bacillus marisflavi</i>	100.000
	1.1-2.1, 0.65-1.1	<i>Staphylococcus cohnii</i> subsp. urealyticus	100.000
	>7.0, 3.3-4.7	<i>Bacillus aryabhatai</i>	100.000
รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข	4.7-7.0, 3.3-4.7, 0.65-1.1	<i>Bacillus altitudinis</i>	100.000
	3.3-4.7, 1.1-2.1	<i>Bacillus aryabhatai</i>	100.000
	>7.0, 1.1-2.1	<i>Bacillus aryabhatai</i>	100.000
	>7.0, 4.7-7.0, 2.1-3.3	<i>Bacillus anthracis</i>	100.000

หมายเหตุ * คือ สืบค้นและเทียบข้อมูลจากฐานข้อมูล The EzTaxon.org server version 2

จากตารางที่ 4.3 พบว่า เชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคในอากาศในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะ น่าจะเป็นเชื้อ *Bacillus flexus* (ไอโซเลท B12) พบอยู่ในธรรมชาติทั่วไป เชื้อ *Bacillus anthracis* (ไอโซเลท B8) พบในธรรมชาติทั่วไปในดินหรือฝุ่น ในน้ำ เศษวัสดุจากพืชและสัตว์ และเชื้อ *Bacillus aryabhatai* (ไอโซเลท B3) พบได้ทั่วไปในดิน น้ำ และอากาศ เชื้อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคในอากาศในรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะ น่าจะเป็นเชื้อ *Bacillus anthracis* เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ไอโซเลท B10) พบในธรรมชาติทั่วไปในดินหรือฝุ่น ในน้ำ เศษวัสดุจากพืชและสัตว์ ชื่อ *Bacillus aryabhatai* (ไอโซเลท B5) พบได้ทั่วไปในดิน น้ำ และอากาศ ชื่อ *Bacillus endophyticus* (ไอโซเลท B9) และชื่อ *Bacillus marisflavi* (ไอโซเลท B1) พบในธรรมชาติ ชื่อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคในอากาศในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล น่าจะเป็นชื่อ *Bacillus marisflavi* (ไอโซเลท B6) พบในธรรมชาติ ชื่อ *Staphylococcus cohnii* subsp. *urealyticus* (ไอโซเลท B4) พบในคนและสัตว์ และชื่อ *Bacillus aryabhatai* (ไอโซเลท B7) พบได้ทั่วไปในดิน น้ำ และอากาศ และชื่อแบคทีเรียที่จับอยู่กับอนุภาคในอากาศในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข น่าจะเป็นชื่อ *Bacillus altitudinis* (ไอโซเลท B2) ชื่อ *Bacillus aryabhatai* (ไอโซเลท B11 และ ไอโซเลท B14) พบได้ทั่วไปในดิน น้ำ และอากาศ และชื่อ *Bacillus anthracis* (ไอโซเลท B13) พบในธรรมชาติทั่วไปในดินหรือฝุ่น ในน้ำ เศษวัสดุจากพืชและสัตว์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim และคณะ (2006) ที่ทำการคัดแยกเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในสถานที่แบบปิด พบชื่อ *Staphylococcus* spp., *Micrococcus* spp., *Corynebacterium* spp. และ *Bacillus* spp.

จากผลการทดลอง พบว่ามีเชื้อแบคทีเรียชนิดหนึ่งที่น่าจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ได้ คือ *Bacillus anthracis* ซึ่งเป็นเชื้อก่อโรคแอนแทรกซ์ เป็นโรคระบาดในสัตว์จำพวกวัว ควาย แพะ แกะ และสัตว์ โดยโรคนี้สามารถติดต่อจากสัตว์มาสู่คน ด้วยการสัมผัส หรือการหายใจเอาสปอร์ของเชื้อเข้าไป โรคแอนแทรกซ์ในคนที่พบในประเทศไทยส่วนใหญ่ 95-98 เปอร์เซ็นต์ เกิดที่ผิวหนัง ส่วนเชื้อแบคทีเรียชนิดอื่น ไม่น่าก่อให้เกิดโรคอันตรายกับมนุษย์

4.2.4 ผลการคัดแยกเชื้อราในอากาศภายในรถปรับอากาศ

ผลจากการคัดแยกเชื้อราในอากาศภายในรถปรับอากาศ 4 ประเภท ได้แก่ รถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517 รถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล และรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข โดยเลือกโคโลนีเดี่ยวของเชื้อราที่มีลักษณะต่างกัน จากนั้นเพาะเลี้ยงแต่ละโคโลนีในอาหาร Malt Extract Agar (MEA) บ่มที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน พบว่า เชื้อราที่คัดแยกได้จากรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517 จำนวน 7 ไอโซเลท จากรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต 7 ไอโซเลท จากรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล 5 ไอโซเลท และรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข 9 ไอโซเลท ดังแสดงในตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 จำนวน ไอโซเลทเชื้อราในอากาศที่คัดแยกได้จากรถโดยสารปรับอากาศสาธารณะ

สถานที่เก็บตัวอย่าง	วันที่เก็บตัวอย่าง	จำนวนไอโซเลท แบคทีเรีย
รถโดยสารปรับอากาศสาธารณะสาย 517	วันที่ 19 มกราคม 2553	7
รถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะ สายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต	วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2553	7
รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล	วันที่ 17 มีนาคม 2553	5
รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข	วันที่ 31 มีนาคม 2553	9

4.2.5 ผลการศึกษาลักษณะทางฟีโนไทป์เชื้อราในอากาศภายในรถปรับอากาศ

การคัดแยกเชื้อราที่แยกได้จากผลการทดลองที่ 4.2.4 โดยนำเชื้อรามาทำ Slide culture แล้วส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า เพื่อศึกษาลักษณะรูปร่าง สีของโคโลนี เส้นใย พบว่าสามารถจัดกลุ่มเชื้อราจาก 28 ไอโซเลท เหลือ 7 ไอโซเลท (ดังแสดงในตารางที่ 4.5) จากผลการทดลองพบว่า เชื้อราที่มีรูปร่างลักษณะของสปอร์ และเส้นใยแตกต่างกัน (รูปที่ 4.10) อย่างไรก็ตาม ลักษณะของเชื้อราที่ไดยังไม่ชัดเจนเพียงพอที่จะจำแนกเป็นชนิดได้ ควรทำการทดลองเพิ่มเติม และควรวิเคราะห์ลักษณะทางจีโนไทป์ของเชื้อราต่อไป จากงานวิจัยของ Kim และคณะ (2006) ในอากาศภายในอาคารพบเชื้อ *Penicillium* spp., *Cladosporium* spp. และ *Aspergillus* spp.

ตารางที่ 4.5 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคฝุ่นละอองและสีโคโลนี

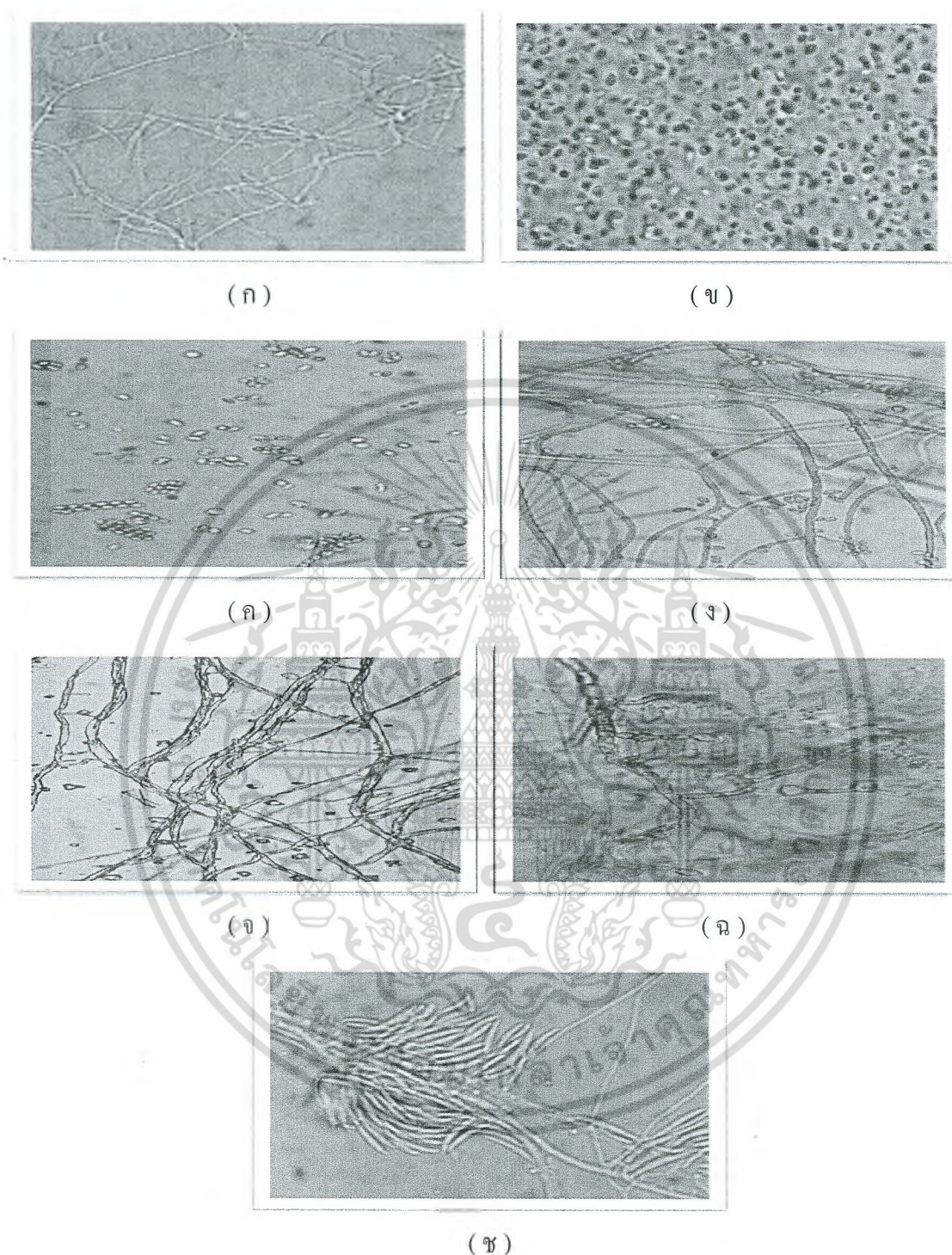
ไอโซเลท	ลักษณะรูปร่างและสีโคโลนี
F1	ลักษณะโคโลนีมีสีดำ ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ฟู เส้นใยมีผนังกัน
F2	ลักษณะโคโลนีมีสีชมพูเหมือนครีม ไม่มีเส้นใย รูปร่างกลม
F3	ลักษณะโคโลนีมีสีดำ, เขียวเข้ม ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ฟู เส้นใยไม่มีผนังกัน
F4	ลักษณะโคโลนีมีสีดำ ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ฟู มีสีดำอยู่ตรงกลาง ส่วนรอบๆมีเส้นใยสีขาว เส้นใยไม่มีผนังกัน
F5	ลักษณะโคโลนีมีสีน้ำตาล ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ฟู เส้นใยไม่มีผนังกัน
F6	ลักษณะโคโลนีมีสีดำ, น้ำตาลเข้ม ลักษณะของเส้นใยอยู่กันไม่หนาแน่น เส้นใยมีผนังกัน
F7	ลักษณะโคโลนีมีสีส้มแดง ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ฟู เส้นใยไม่มีผนังกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ชนิดของเข็รที่จับอยู่กับอนุภาคฝุ่นละอองในแต่ละขนาด

ประเภทรถ	ขนาดของเข็รที่พบ (Stage)	ชนิดของเข็ร
รถโดยสารปรับอากาศสาธารณะสาย 517	>7.0	F1, F3
	4.7-7.0	F2, F5
	3.3-4.7	F3
	2.1-3.3	F3, F5
	1.1-2.1	F1, F2
	0.65-1.1	F5
รถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะ สายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต	>7.0	F3, F5
	4.7-7.0	F2, F7
	3.3-4.7	F5
	2.1-3.3	F2, F3
	1.1-2.1	F3
	0.65-1.1	F3, F7
รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล	>7.0	F4
	4.7-7.0	F4, F6
	3.3-4.7	F6
	2.1-3.3	F4, F7
	1.1-2.1	F4
	0.65-1.1	F4, F6
รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสูนัข	>7.0	F1
	4.7-7.0	F1, F5
	3.3-4.7	F3
	2.1-3.3	F5, F6
	1.1-2.1	F1, F6
	0.65-1.1	F5, F6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ลักษณะของเส้นใยและสปอร์ของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคฝุ่นละอองอายุ 7 วัน ที่คัดแยก

ได้จากกรดโดยสารปรับอากาศที่กำลังขยาย 400 เท่า

ก = เชื้อราไอโซเลท F1 ข = เชื้อราไอโซเลท F2 ค = เชื้อราไอโซเลท F3 ง = เชื้อรา ไอโซเลท F4

จ = เชื้อราไอโซเลท F5 ฉ = เชื้อราไอโซเลท F6 ช = เชื้อราไอโซเลท F7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในรถปรับอากาศทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ รถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517 รถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล และรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสูนซ์ พบว่า เชื้อแบคทีเรียและเชื้อราภายในรถปรับอากาศทั้ง 4 ประเภท มีความเข้มข้นสูงกว่าภายนอก โดยการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในรถโดยสารปรับอากาศสาย 517 พบเชื้อแบคทีเรียที่จับกับอนุภาคขนาด 3.3-4.7 ไมโครเมตรมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเท่ากับ 582.97 ± 71.50 CFU/m³ ในขณะที่อากาศภายในรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต และรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสูนซ์ พบเชื้อแบคทีเรียที่จับกับอนุภาคขนาด 2.1-3.3 ไมโครเมตรมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเท่ากับ 552.74 ± 89.02 CFU/m³ และ 618.00 ± 67.72 CFU/m³ ตามลำดับ และอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล พบเชื้อแบคทีเรียที่จับกับอนุภาคขนาด 4.7-7.0 ไมโครเมตรมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเท่ากับ 338.51 ± 19.90 CFU/m³ นอกจากนี้ยังพบว่า อากาศภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 พบเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด คือ *Bacillus flexus*, *Bacillus anthracis* และ *Bacillus aryabhatai* อากาศภายในรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต พบเชื้อแบคทีเรีย 4 ชนิด คือ *Bacillus anthracis*, *Bacillus aryabhatai*, *Bacillus endophyticus* และ *Bacillus marisflavi* อากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล พบเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด คือ *Bacillus marisflavi*, *Staphylococcus cohnii* subsp. *urealyticus* และ *Bacillus aryabhatai* และอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสูนซ์ พบเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด คือ *Bacillus altitudinis*, *Bacillus aryabhatai* และ *Bacillus anthracis*

การแพร่กระจายของเชื้อราในอากาศภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 รถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต และรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล พบเชื้อราที่จับกับอนุภาคขนาด 1.1-2.1 ไมโครเมตรมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเชื้อราเท่ากับ 708.59 ± 133.91 , 598.63 ± 94.48 และ 367.58 ± 81.96 CFU/m³ ตามลำดับ ในขณะที่อากาศรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสูนซ์ พบเชื้อราที่จับกับอนุภาคขนาด 3.3-4.7 ไมโครเมตรมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเท่ากับ 718.57 ± 7.92 CFU/m³

จากผลการทดลองพบว่า อากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสูนซ์ พบเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรามากที่สุด รองลงมาคือ รถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517 รถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต และรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล จะเห็นได้ว่าเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข ที่มีขนาดน้อยกว่า 5 ไมโครเมตร จะมีความเข้มข้นสูงกว่าขนาดมากกว่า 5 ไมโครเมตร ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง นอกจากนี้ยังพบว่า สุนัขเป็นแหล่งกำเนิดสำคัญของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข ส่วนรถยนต์ประเภทอื่น ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา จะขึ้นอยู่กับจำนวนผู้โดยสาร การถ่ายเทอากาศ และการทำความสะอาดรถยนต์

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาลักษณะทางจีโนมไทป์ของเชื้อรา
2. ควรศึกษาการแพร่กระจาย และความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในสถานที่ต่างๆ เนื่องจากการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดอีกหลายแห่ง เช่น โรงเรียน โรงพยาบาล และโรงพยาบาล เป็นต้น
3. ควรศึกษาวิธีการป้องกัน และการควบคุมของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศจากแหล่งกำเนิดอื่นๆ เพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ
4. ควรประเมินค่าความเสี่ยงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- Andersen, A.A. 1985. **New sampler for collection sizing and enumeration of viable airborne particles.** *Journal of Bacteriology*, 76:471-84.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 1989. **Guidelines for the Assessment of Bioaerosols in the Indoor Environment.** Cincinnati, USA.
- Black, J.G. 1999. **Microbiology Principle and Explorations.** 4th ed., Prentice Hall, New Jersey, USA.
- Benson, H.J. 1998. **Microbiological Applications: Laboratory Manual in General Microbiology.** 7th ed., WCB McGraw-Hill, Boston, USA.
- Deacon, J. 2004 . “**The Microbial World: Airborne Microorganisms.**” Institute of Cell and Molecular Biology, The University of Edinburgh. <http://helios.bto.ed.ac.uk/bto/microbes/airborne.htm> (Accessed on Jan 12, 2004).
- Fracchia, L., Pietronave, S., Rinaldi, M. and Martinotti, M.G. 2006. **The assessment of airborne bacterial contamination in three composting plants revealed site-related biological hazard and seasonal variations.** *J. Appl. Microbiol.*, 100(5):973-984.
- Gobat, B.P. 1998. **Diagnostic Microbiology Laboratory Manual.** Mosby Publishing. St. Louis, Baltimore, Boaton, Carisbad, Chicago, Minneapolis, New York, Philadelphia, Portland, London, Milan, Sydney, Tokyo and Tomoto. 300 p.
- Gorny, R.L., Reponen, T., Willeke, K., Schmechel, D., Robine, E., Boissier, M. and Grinshpum, S.A. 2002. **Fungal fragments as indoor air biocontaminants.** *Appl. Environ. Microbiol.*, 68(7):3522–3531.
- Gorny, R.L. 2004. **Filamentous microorganisms and their fragments in indoor air : A review.** *Ann. Agric. Environ. Med.*, 11:185-197.
- Harley, J.P. and Prescott, L.M. 2002. **Laboratory Exercises in Microbiology.** 5th ed., McGraw Book Company, New York, USA.
- Holt, J.G., Krieg, N.R., Sneath, P.H.A., Staley, J.T and Williams, S.T. 1994. **Bergey’s Manual of Determinative bacteriology.** Williams & Wilkins, Maryland, USA, pp.1-754.
- Jareemit, D., Sreshtaputra, A., Yimprayoon, C. and Tantasavasdi, C. 2006. **Respiratory diseases: The fatal risk caused by inappropriate design & operation of office buildings.** *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, 4(2):3-19.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Jensen, P.A. and Schafer, M.P. 1998. **Sampling and Characterization of Bioaerosols**. NIOSH Manual of analytical methods.
- Jo, W.K. and Seo, Y.J. 2005. **Indoor and outdoor bioaerosol levels at recreation facilities, elementary schools, and homes**. *Chemosphere*, 61:1570–1579.
- Kalogerakis, N., Paschali, D., Lekaditis, V., Pantidou, A., Eleftheriadis, K. and Lazaridis, M. 2005. **Indoor air quality – bioaerosol measurements in domestic and office premises**. *Aerosol Science*. 36:751-761.
- Kay, J.G. 1991. **Indoor Air Pollution Radon, Bioaerosols & VOCs**. Lewis Publishers, USA.
- Kim, K.Y. and Kim, C.N. 2006. **Airborne microbiological characteristics in public buildings of Korea**. *Building and Environment*, 42:2188-2196.
- Kim, K.Y., Kim, H.T., Kim, D., Nakajima, J. and Higuchi, T. 2009. **Distribution characteristics of airborne bacteria and fungi in the feedstuff-manufacturing factories**. *Journal of Hazardous Materials*, 169:1054-1060.
- Kowalski, W.J. and Bahnfleth, W. 1998. **Airborne respiratory diseases and mechanical system for control of microbes**. *Heating/Piping/Air Conditioning Engineering*, 70:34-52.
- Lee, J.H. and Jo, W.K. 2005. **Exposure to airborne fungi and bacteria while commuting in passenger cars and public buses**. *Atmospheric Environment* 39:7342-7350.
- Luksamijarulkul, P., Luksamijarulkul, S., Sundhiodhin, V. and Kaewboonchoo, O. 2004. **Microbial air quality in mass transport buses and work-related illness among bus drivers of Bangkok mass transit authority**. *J. Med. Assoc. Thai*, 87:697-703.
- Maier, M.R., Pepper L.I. and Gerba P.C. 2000. **Environmental Microbiology**. Academic Press, Canada. pp. 1-585.
- Mitchell, R. 1992. **Environmental Microbiology**. Wiley-Liss. USA. pp. 1-411.
- Mopuang, M., Kongtip, P., Sujirarat, D. and Luksamijarulkul, P. 2005. **Microbial count and particulate matter level in roadside air of Bangkok Fashion City**. *Thai Environment Engineering Journal*, 20(2):31-45.
- Mohr, A.J. 2002. **Fate and Transport of Microorganisms in Air**. Manual of Environmental Microbiology. ASM Press American Society for Microbiology, Washington, DC.
- Mui, K.W., Wong, L.T. and Hui, P.S. 2008. **Risks of unsatisfactory airborne bacteria level in air-conditioned offices of subtropical climates**. *Building and Environment*, 43:475–479.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Muyzer, G., deWaal, E.C. and Uitterlinden, A.G. 1993. **Profiling of complex microbial population by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain reaction-amplified genes coding for 16S rDNA.** Appl. Environ. Microbiol, 59:695-700.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).1987. **Guidance for Indoor Air Quality Investigations.** Cincinnati, USA.
- Pasanen, A.L., Lappalainen, S. and Pasanen, P. 1996. **Volatile organic metabolites associated with some toxic fungi and their mycotoxins.** Analyst, 121:1949-1953.
- Pastuszka, J.S., Kyaw Tha Paw, U., Lis, D.O., Agnieszka, W. and Ulfig, K. 1999. **Bacterial and fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland.** Atmospheric Environment, 34:3833-3842.
- Salonen, H., Lappalainen, S., Lindroos, Q., Harju, R. and Reijula, K. 2007. **Fungi and bacteria in mould-damaged and non-damaged office environments in a subarctic climate.** Atmospheric Environment, 41:6797-6807.
- Scarpino, P.V., Jensen, N.J., Jensen, P.A. and Ward, R. 1998. **The use of ultraviolet germicidal Irradiation (UVGI) in disinfection of airborne bacteria and rhinoviruses.** J. Aerosol Sci., 29(1):777-778.
- Stetzenbach, L.D., Hurst, C.J., Crawford, R.L., Garland, J.L., Lipson, D.A. and Mills, A.L. 2007. **Introduction to aerobiology and Manual of environmental microbiology.** ASM Press, Washington D.C. pp.925-938.
- Thunyasirinon, C., Sribenjalux, P. and Chuaybamroong, P. 2008. **Comparison of six-stage and a single stage viable Andersen Impactor (N_6) for airborne microbe sampling.** KRU Res J., 13(1):45-54.
- Venkateswaran, K., Hattori, N., La Duc, M.T. and Kern, R. 2003. **ATP as a biomarker of viable microorganisms in clean-room facilities.** J. Microbiol. Method., 52(3):367-377.
- White, T.J., Bruns, T., Lee, S. and Taylor, J.W. 1990. **Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics.** A guide to methods and applications, pp. 315-322.
- World Health Organization. 2009. **WHO Guidelines for Indoor Air Quality Dampness and Mould.** Publications WHO Regional Office for Europe.
- Yang, C.S. and Heinsohn, P. 2007. **Sampling and Analysis of Indoor Microorganisms.** P&K Microbiology services, Inc. Cherry Hill, New Jersey, pp. 1-273.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Yassin, M.F. and Almouqatea, S. 2010. **Assessment of airborne bacteria and fungi in an indoor and outdoor environment.** J. Environ. Sci. Tech., 7(3):535-544.
- Zhu, H., Phelan, P., Duan, T., Raupp, G. and Fernando, H.J.S. 2007. **Characterizations and relationships between outdoor and indoor bioaerosols in an office building.** China Particology, 1(3):119-123.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก
การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการตรวจวิเคราะห์
เชื้อจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก-1 สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

Tryptone Soya Agar, TSA

Casein peptone	15	กรัม
Soya peptone	5	กรัม
NaCl	5	กรัม
Agar	15	กรัม
Water	1	ลิตร
pH	7.2	

Malt Extract Agar, MEA

Maltose	12.75	กรัม
Dextrin	2.75	กรัม
Glycerol	2.35	กรัม
Peptone	0.78	กรัม
Agar	15	กรัม
Water	1	ลิตร
pH	4.7	

Nutrient Agar, NA

Beef extract	10	กรัม
Peptone	10	กรัม
NaCl	1.5	กรัม
Agar	15	กรัม
Water	1	ลิตร

Peptone KNO₃ broth

Peptone	5	กรัม
KNO ₃	0.5	กรัม
NaCl	2.5	กรัม
Water	500	มิลลิลิตร
pH	7.0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Inorganic salt – starch agar, IS, ISP4

Soluble starch	5	กรัม
$K_2HPO_4 \cdot 7H_2O$	0.5	กรัม
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.5	กรัม
NaCl	0.5	กรัม
$(NH_4)_2SO_4$	1	กรัม
$CaCO_3$	1	กรัม
Trace salt solution (A)	1	กรัม
Agar	10	กรัม
Water	500	มิลลิลิตร
pH	7.0-7.4	

Trace salt solution (A)

$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	0.5	กรัม
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	0.5	กรัม
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.5	กรัม
Water	500	มิลลิลิตร

ภาคผนวก ก-2 การทำความสะอาดเครื่องเก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ Six-Stage Cascade Impactor

1. ทำความสะอาดเครื่องเก็บเชื้อจุลินทรีย์ด้วยน้ำยาล้างจาน และฟองน้ำชนิดอ่อน เพื่อป้องกัน Six-Stage Cascade Impactor เป็นรอยขีดข่วน แล้วล้างน้ำให้สะอาด
2. นำ Six-Stage Cascade Impactor ใส่งในเครื่องล้างความถี่สูง (sonicator) เพื่อทำความสะอาดเชื้อจุลินทรีย์ที่เกาะบริเวณรูที่คัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ของในแต่ละ stage
3. เติมน้ำกลั่น เพื่อป้องกันการเกิดคราบตะกอนติดบน Six-Stage Cascade Impactor และใส่งน้ำยาล้างจาน ลงไปในเครื่องล้างความถี่สูง โดยให้น้ำกลั่นท่วมบริเวณ Six-Stage Cascade Impactor จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ซ็อกควรระวัง ให้นำเอา O-ring ออกจาก Six-Stage Cascade Impactor แต่ละ stage เนื่องจากความร้อนจะทำให้ O-ring เสื่อมสภาพ
4. นำสำลีชุบแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ เช็ดเครื่อง Six-Stage Cascade Impactor ปล่อยให้แห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก-3 การเตรียมงานเพาะเชื้อ

1. ทำความสะอาดงานเพาะเชื้อ ด้วยน้ำยาล้างจาน และฟองน้ำชนิดอ่อน เพื่อป้องกันงานเพาะเชื้อเป็นรอยขีดข่วน แล้วล้างน้ำให้สะอาด
2. นำงานเพาะเชื้อไปอบที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
3. เมื่อครบ 24 ชั่วโมง นำงานเพาะเชื้อไปกำจัดเชื้อ โดยใช้หม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave) ที่มีสภาวะความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที
4. จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อป้องกันหยดน้ำกลั่นตัว

ภาคผนวก ก-4 การแยกเชื้อจุลินทรีย์โดยเทคนิค Streak plate

1. นำงานเพาะเชื้อที่มีอาหารแข็งอยู่ในจาน มาเขียนวันเดือนปีที่ทำไว้ที่ก้นงานเพาะเชื้อ
2. นำ Loop มาเผาไฟร้อนแดง ทิ้งไว้สักครู่ให้เย็น ประมาณ 10-15 วินาที
3. ใช้มือข้างหนึ่งจับงานเพาะเชื้อที่มีเชื้อ ส่วนมืออีกข้างถือ Loop เปิดงานเพาะเชื้อ โดยเปิดงานเพาะเชื้อประมาณ 45 องศา แล้วใช้ Loop จิ้มที่เชื้อ
4. นำ Loop ที่มีเชื้อมาแตะที่ผิววุ้นใกล้ๆ ขอบด้านใดด้านหนึ่งของงานเพาะเชื้อ แล้วลาก Loop เบาๆ ไปบนผิววุ้น ประมาณ 3-6 ซิต ให้ขนานกัน ปิดฝาจาน และนำ Loop มาลงไฟ ระวังอย่าให้ Loop ฝังลงไปเนื้อวุ้น
5. นำ Loop ที่ลงไฟแล้วมาลากบนผิวหน้าอาหาร เช่นเดียวกับข้อ 4 และช่วงต้นต้องซิดแตะหรือตัดกับรอยที่ซิดไว้ในข้อ 4 ปิดฝาจาน และนำ Loop มาเผาไฟ ทำเช่นเดิม แต่เคลื่อนย้ายตำแหน่งการซิด จนครบ 4 แนว
6. เผา Loop เพื่อฆ่าเชื้อ และนำงานเพาะเชื้อไปบ่ม (โดยคว่ำงาน) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง สังเกตโคโลนีของเชื้อที่ขึ้นบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ

ภาคผนวก ก-5 การเก็บรักษาน้ำเชื้อจุลินทรีย์ใน Agar slant และ Stock culture

1. เตรียม Agar slant ของอาหาร MEA เพื่อเก็บเชื้อรา และอาหาร TSA เพื่อเก็บเชื้อแบคทีเรีย บรรจุในหลอดทดลองขนาด 5 มิลลิลิตร จำนวน 2-3 มิลลิลิตร
2. นำ Loop ที่เผาไฟฆ่าเชื้อ และโคโลนีเดี่ยวๆ ที่แยกได้จากวิธีในภาคผนวก ก-4 (บนงานเพาะเชื้อ) จำนวน 1 โคโลนี เพื่อให้ได้เชื้อบริสุทธิ์
3. เปิดหลอดแก้วที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ (Agar slant) และลงไฟที่ปากหลอด ลาก Loop ที่มีเชื้อลงบนผิวหน้าอาหารในหลอด เป็นรูปโค้งไปมา โดยเริ่มซิดจากก้นอาหารขึ้นมาด้านบนให้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ใช้เข็มเย็บย้ายเชื้อราที่ต้องการเก็บ (อาจใช้ Agar culture disk หรือเข็มเฉพาะ สปอร์ หรือเส้นใย) วางตรงกลางผิวหน้าอาหารที่ลาดเอียง ส่วนเชื้อแบคทีเรียใช้ Loop ย้าย โคลนิจของเชื้อแบคทีเรียนำไป Streak บนผิวหน้าของอาหาร
5. ลนไฟปากหลอด และปิดปากหลอด จากนั้นจึงเผา Loop เพื่อฆ่าเชื้อ
6. เขียนชื่อที่ข้างหลอด นำเชื้อแบคทีเรียไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง ส่วนเชื้อราบ่มที่ 20-25 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง
7. เมื่อเชื้อเจริญเต็มผิวหน้าอาหาร ให้นำมาปิดทับผิวหน้าอาหารด้วยพาราฟินเหลวที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว โดยให้พาราฟินเหลวอยู่สูงจากบริเวณที่มีเชื้ออยู่ประมาณครึ่งนิ้ว
8. เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และถ่ายเชื้อใหม่ทุกๆ 6-12 เดือน หรือขึ้นกับชนิดจุลินทรีย์
9. การนำจุลินทรีย์ในหลอดมาใช้ ให้เทชั้นพาราฟินเหลวที่ทับผิวหน้าออกและใช้น้ำกลั่นปราศจากเชื้อประมาณ 1-2 มิลลิลิตร ละลายเชื้อที่ติดผิวหน้าอาหารออกมา และนำมา Streak plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ

ภาคผนวก ก-6 การจำแนกชนิดของเชื้อจุลินทรีย์

ภาคผนวก ก-6.1 การเตรียมสารเคมีในการย้อมแกรมแบคทีเรีย (Harley and Prescott, 2002)

1. ตีย้อม Gram's crystal violet

สารละลาย A

Crystal violet	10	กรัม
Ethyl alcohol (95 เปอร์เซ็นต์)	100	มิลลิลิตร

สารละลาย B

Ammonium oxalate	4	กรัม
น้ำกลั่น	400	มิลลิลิตร

ผสมสารละลาย A กับ B เข้าด้วยกัน ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วกรองก่อนใช้

2. ตีย้อม Gram's iodine

Iodine	2	กรัม
Potassium iodide (KI)	4	กรัม
น้ำกลั่น	600	มิลลิลิตร

บด Iodine และ Potassium iodide เติมน้ำที่ละน้อยจน iodine ละลายหมด แล้วเก็บในขวดสีชา

3. ตีย้อม Gram's alcohol (ใช้สำหรับล้างสี)

Ethyl alcohol (95 เปอร์เซ็นต์)	98	มิลลิลิตร
--------------------------------	----	-----------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สีย้อม Gram's safranin O

Safranin	0.25	กรัม
Ethyl alcohol (95 เปอร์เซ็นต์)	10	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

ละลายสีใน Ethanol แล้วเติมน้ำกลั่น กรองแล้วเก็บไว้ในขวดสีชา

ภาคผนวก ก-6.2 การจำแนกชนิดของเชื้อแบคทีเรีย โดยดูลักษณะทางฟิโนไทป์

(Harley and Prescott, 2002)

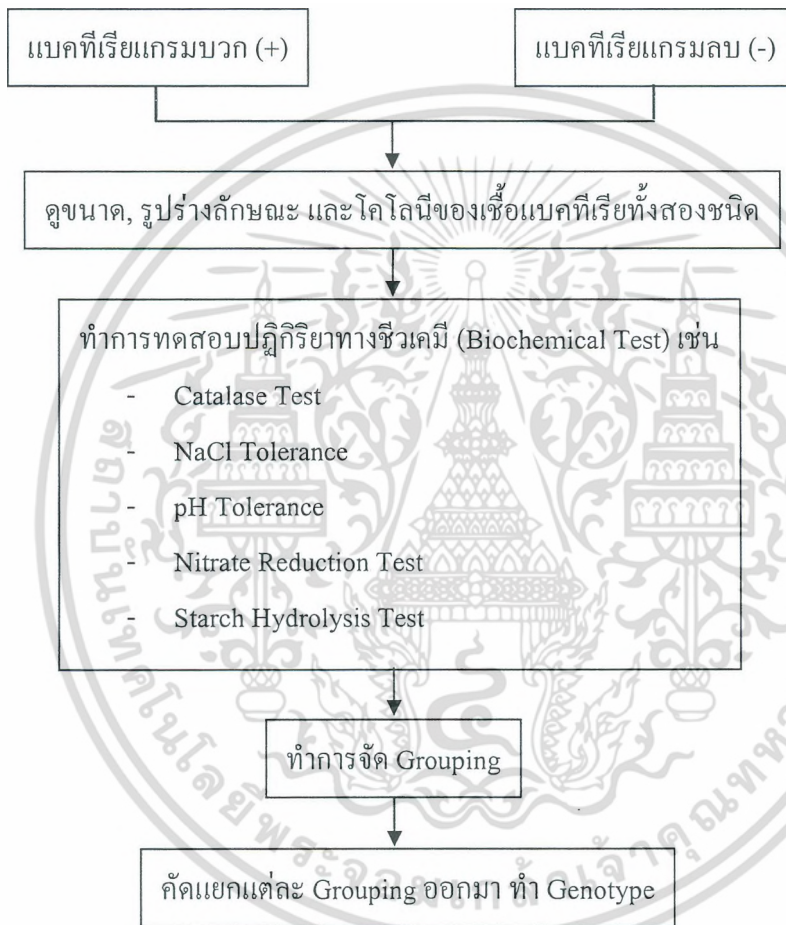
1. เตรียมสไลด์ โดยนำสไลด์ล้างด้วยน้ำล้างจานให้สะอาด แล้วเช็ดให้แห้ง เพื่อขจัดคราบไขมัน หากต้องการทดสอบว่าสไลด์นั้นยังมีคราบไขมันเหลืออยู่หรือไม่ โดยลองหยดน้ำลงบนสไลด์ ถ้าหยดน้ำจับกลุ่มเป็นหย่อมๆ ไม่กระจาย แสดงว่ายังมีคราบไขมันอยู่ ต้องทำความสะอาดใหม่อีกครั้ง
2. ทำการสเมียร์เชื้อ โดยเขี่ยเชื้อแบคทีเรียบนจานเพาะเชื้อมาผสมกับหยดน้ำบนสไลด์แล้วใช้สวดเขี่ยเชื้อ ผสมเชื่อกับหยดน้ำบนสไลด์ให้เข้ากัน เกลี่ยให้เชื้อกระจายออกไปบางๆ เป็นวงกลมเล็กๆอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นปล่อยให้แห้ง
3. นำสไลด์ไปผ่านเปลวไฟอย่างรวดเร็ว 2-3 ครั้ง (fix smear) เพื่อดึงน้ำออกจากเซลล์ ทำให้เซลล์ยึดติดแน่นกับสไลด์
4. ทำการย้อมสีแบคทีเรียโดยทำการย้อมด้วย crystal violet บนแผ่นสไลด์ให้ทั่วมรอย เกลี่ย ทิ้งไว้ 2 นาที เพื่อให้แบคทีเรียทั้งแกรมบวกและแกรมลบติดสีม่วงน้ำเงินทั้งคู่ ยังไม่สามารถแยกความแตกต่างได้จากนั้นล้างออกด้วยน้ำ
5. หยดสาร Gram's iodine บนแผ่นสไลด์ให้ทั่วมรอย เกลี่ย ทิ้งไว้ 1 นาที โดยสารละลายไอโอดีนจะทำให้สี crystal violet จับที่ผนังเซลล์แกรมบวกได้แน่นขึ้น ดังนั้นแบคทีเรียทั้งแกรมบวกและแกรมลบยังติดสีม่วงน้ำเงินทั้งคู่ จากนั้นล้างออกด้วยน้ำ
6. หยดแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ บนแผ่นสไลด์ ให้ทั่วมรอย เกลี่ย ทิ้งไว้ 15-20 วินาที โดยแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นสารละลายไขมัน ทำหน้าที่เป็น decolorizer ล้างสี crystal violet ที่ติดอยู่ที่ผนังเซลล์แกรมลบให้หลุดออก เนื่องจากผนังเซลล์แกรมลบมีโครงสร้างไขมันประกอบอยู่ ดังนั้นแบคทีเรียทั้งแกรมบวกยังคงติดสีม่วงน้ำเงิน ส่วนแบคทีเรียแกรมลบ ผนังเซลล์ไม่ติดสี จากนั้นล้างออกด้วยน้ำ
7. หยด safranin-O ให้ทั่วมรอย เกลี่ย ทิ้งไว้ 1 นาที โดย safranin-O จะเข้าไปย้อมผนังเซลล์แบคทีเรียแกรมลบให้ติดสีแดง จากนั้นล้างออกด้วยน้ำ โดยหลังจากการย้อมสี ทำให้แบคทีเรียแกรมบวกติดสีม่วงน้ำเงิน และแบคทีเรียแกรมลบติดสีแดง
8. ซับแผ่นสไลด์ให้แห้งด้วยทิชชู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. นำสไลด์ไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยใช้เลนส์วัตถุที่มีกำลังขยายสูง 100x (Oil immersion objective lens) เพื่อสังเกตลักษณะรูปร่าง การติดสีย้อม และการเรียงตัวของเชื้อ โดยเลือกบริเวณพื้นที่เซลล์แบคทีเรียไม่ซ้อนทับกัน เพื่อสามารถบอกการเรียงตัวและรูปร่างของแบคทีเรียได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ภาคผนวก ก-6.3 การทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี (Harley and Prescott, 2002)

ขั้นตอนในการวิเคราะห์สรุปได้ดังรูปที่ ก-1



รูปที่ ก-1 แผนภูมิขั้นตอนการทดสอบ Biochemical test

ภาคผนวก ก-6.4 การเตรียมน้ำยา Lactophenol cotton blue (Benson, 1998)

Lactic acid	20	มิลลิลิตร
Phenol crystal	100	กรัม
Glycerine	40	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	20	มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บในขวดสีชา และเติม 0.05 กรัม cotton blue หรือ methylene blue

ภาคผนวก ก-6.5 การจำแนกชนิดของเชื้อรา โดยดูลักษณะทางฟิโนไทป์ (Benson, 1998)

1. เมื่อครบเวลาในการเพาะเลี้ยงเชื้อรา ทำการสังเกตลักษณะโคโลนีบนอาหาร คือ ขนาด สี การฟูหรือความหนาแน่นของเส้นใย แล้วทำการจดบันทึก จากนั้นเปรียบเทียบลักษณะโคโลนีของเชื้อราแต่ละชนิด
2. นำไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยใช้เทคนิค Wet mount
3. เตรียมสไลด์ เช่นเดียวกับข้อ 1 ในภาคผนวก ก-6.2
4. หยดน้ำยา Lactophenol cotton blue ลงบนสไลด์
5. ใช้เข็มเขี่ยเชื้อ เขี่ยเชื้อราใส่ลงในสไลด์ที่หยดน้ำยาไว้ โดยการเขี่ยเชื้อรา ควรเขี่ยให้ติดสปอร์ที่อยู่บนผิวอาหาร และติดเส้นใยที่เจริญลงไปในอาหาร
6. ปิดทับด้วยกระจกปิดสไลด์ อย่าให้มีฟองอากาศ
7. นำไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10x และ 40x

ภาคผนวก ก-6.6 การจำแนกชนิดของเชื้อรา โดยใช้วิธี Slide culture (Gobat, 1998)

1. ใช้มีดจุ่มแอลกอฮอล์และเผาไฟฆ่าเชื้อแล้วตัดชิ้น PDA (Potato Dextrose Agar) จากจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA แบบ Aseptic technique ให้มีขนาดประมาณ 0.5 ตารางเซนติเมตร
2. ใช้ปากกิบที่จุ่มแอลกอฮอล์และเผาไฟฆ่าเชื้อแล้ว กีบชิ้น PDA มาวางบนแผ่นสไลด์ ที่วางอยู่บนแท่งแก้วที่เตรียมไว้ในจานเพาะเชื้อ
3. ใช้ Needle เขี่ยเส้นใย (Mycelium) ของเชื้อราที่ต้องการเลี้ยง มาตะบบริเวณส่วนหนาของชิ้น PDA ทั้ง 4 ด้าน และค่อยๆ วาง Cover glass ที่จุ่มแอลกอฮอล์เผาไฟฆ่าเชื้อแล้ว ปิดทับชิ้น PDA
4. เทน้ำกลั่นที่ปราศจากเชื้อลงไปให้ชุ่มกระดาษเพื่อให้ความชื้น
5. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 5-7 วัน จนกระทั่งเส้นใยของราเจริญขึ้นจนถึง Cover glass
6. ยก Cover glass ขึ้น หยด 95% แอลกอฮอล์ลงไปตรงกลางแผ่นด้านในที่มีเส้นใยเชื้อราเจริญอยู่ เพื่อให้เส้นใยกระจาย
7. นำ Cover glass วางบนสไลด์แผ่นใหม่ที่หยด Lactophenol cotton blue ไว้กลางแผ่นสไลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เชื้อขึ้นวุ้นทิ้งไป หยอด 95% แอลกอฮอล์ลงไปกลางแผ่นด้านในที่มีเส้นใยเชื้อราเจริญอยู่ เพื่อให้เส้นใยกระจาย และหยด Lactophenol cotton blue บนสไลด์ ปิดด้วย Cover glass แผ่นใหม่
9. นำแผ่นสไลด์ทั้งสองแผ่นที่เตรียมได้ ไปตรวจดูลักษณะเชื้อราด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยใช้กำลังขยายของเลนส์วัตถุ 10x และ 40x

ภาคผนวก ก-7 การวิเคราะห์ลักษณะทางจีโนไทป์ของเชื้อจุลินทรีย์ โดยการจำแนกเชื้อแบคทีเรีย

โดยการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA (Muyzer *et al.*, 1993)

ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ภาคผนวก ก-7.1 การสกัดจีโนมิกดีเอ็นเอจากแบคทีเรีย

1. นำเชื้อจุลินทรีย์ที่เก็บรักษาไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส มาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว LB (Luria Bertani) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. เมื่อเชื้อเจริญ นำ loop มาเขี่ยเชื้อทั้งหมดลงในหลอดไมโครเซ็นทริฟิวจ์ จากนั้นกระจายเชื้อในบัฟเฟอร์ TE buffer ปริมาตร 400 ไมโครลิตร ที่ประกอบด้วย Tris-EDTA พีเอช 8.0 ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์, โปโซโซมัม ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และนำไปปั่นในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที
3. เติมนสารละลาย SDS (Sodium Dodecyl Sulfate) 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน
4. เติมนสารละลายฟีนอลอิมิตัว 420 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที
5. ดูดส่วนใสด้านบนในหลอดใหม่ และนำไปสกัดด้วยสารละลายฟีนอลอิมิตัวจนไม่เห็นตะกอนสีขาวระหว่างชั้นฟีนอลกับชั้นของน้ำ
6. ดูดส่วนใสมาเติมโซเดียมอะซิเตต ความเข้มข้น 3 โมลาร์ ปริมาตร 40 ไมโครลิตร และเติมเอทานอลความเข้มข้น 99 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 880 ไมโครลิตร และนำไปเก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
7. นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที
8. ล้างตะกอนดีเอ็นเอด้วยเอทานอลความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 500 ไมโครลิตร และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที
9. เทส่วนใสทิ้ง คว่ำหลอดทิ้งตะกอนดีเอ็นเอให้แห้ง
10. ละลายตะกอนดีเอ็นเอในบัฟเฟอร์ Tris-EDTA (พีเอช 7.5) ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร และทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็น เวลา 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. เติมสารละลาย RNase ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 2 ไมโครลิตร และบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
12. สกัดด้วยสารละลายฟีนอลอิมตัว ปริมาตร 100 ไมโครลิตร
13. สกัดด้วยสารละลายฟีนอล-คลอโรฟอร์ม-ไอโซเอมิลแอลกอฮอล์ อัตราส่วน 25:24:1 (ปริมาตรต่อปริมาตรต่อปริมาตร) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร
14. สกัดด้วยสารละลายคลอโรฟอร์ม-ไอโซเอมิลแอลกอฮอล์ อัตราส่วน 24:1 (ปริมาตรต่อปริมาตร) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร
15. ดูดส่วนใสด้านบนที่ได้ไปตกตะกอนดีเอ็นเอ โดยเติมโซเดียมอะซิเตต ความเข้มข้น 3 โมลาร์ ปริมาตร 10 ไมโครลิตร และเอทานอล ความเข้มข้น 99 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 250 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน และนำไปเก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
16. นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที
17. ล้างตะกอนดีเอ็นเอด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 500 ไมโครลิตร และละลายตะกอนดีเอ็นเอในบัฟเฟอร์ Tris-EDTA (พีเอช 7.5) ปริมาตร 20 ไมโครลิตร และเก็บสารละลายดีเอ็นเอไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

ภาคผนวก ก-7.2 การวิเคราะห์ปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิคอะกาโรสเจลอิเล็กโตรโฟรีซิส

นำจีโนมิกดีเอ็นเอที่ได้จากภาคผนวก ก-7.1 มาวิเคราะห์ปริมาณบนอะกาโรสเจลเข้มข้น 0.8 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) มีวิธีดังนี้

1. เตรียมอะกาโรสเจลเข้มข้น 0.8 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) โดยชั่งอะกาโรส 0.8 กรัม ละลายในบัฟเฟอร์ Tris-boric-EDTA 100 มิลลิลิตร
2. นำไปให้ความร้อนในตู้ไมโครเวฟ เพื่อให้อะกาโรสละลายเป็นเนื้อเดียวกัน
3. ตั้งทิ้งไว้ให้อะกาโรสมีอุณหภูมิ ประมาณ 50 องศาเซลเซียส
4. เติมเจลสตาร์-อะกาโรส อัตราส่วน 1: 100 เขย่าเบาๆ แล้ว เทลงในถาดที่มีแผ่นรองเจล และหิวเสียบ รอให้เจลแข็งตัวประมาณ 2 นาที และดึงหิวออก
5. นำแผ่นรองเจลมาวางใน chamber ที่มีบัฟเฟอร์ Tris-boric-EDTA
6. นำจีโนมิกดีเอ็นเอมาผสมกับสีย้อมดีเอ็นเอ แล้วหยอดลงในช่องเจล (well) โดยใช้ ฝาจแลมบัคดา (λ) ที่ตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *HindIII* หรือ 100 bp Ladder เป็นดีเอ็นเอมาตรฐาน
7. ให้กระแสไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์คงที่ 8 โวลต์ต่อเซนติเมตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
8. นำแผ่นเจลที่ได้ไปตรวจดูแถบดีเอ็นเอภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก-7.3 การเพิ่มปริมาณยีน 16S rDNA ด้วยเทคนิคปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (Polymerase Chain Reaction, PCR)

การทดลองนี้ใช้ไพรเมอร์ Forward DNA (5'-TCCTACGCGAGACAGCAGT-3') และไพรเมอร์ Reverse DNA (5'-TTGTGCGGGCCCCGTCAAGT-3') และใช้เอนไซม์ Taq DNA polymerase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและมีส่วนประกอบสำหรับการเกิดปฏิกิริยาดังตารางที่ ก-1 เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในเครื่องเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรม ซึ่งตั้งโปรแกรมไว้ 3 ขั้นตอน (Muyzer *et al.*, 1993) ดังตารางที่ ก-2

ตารางที่ ก-1 ส่วนประกอบในการเพิ่มปริมาณยีน 16S rDNA ด้วยเทคนิคปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส

ส่วนประกอบ	ปริมาตร (ไมโครลิตร)
บัฟเฟอร์ PCR 10 เท่า	5
ดีออกซินิวคลีโอไทด์ไตรฟอสเฟต (dNTPs) (10 มิลลิโมลาร์)	1
ไพรเมอร์ Forward DNA (5 มิลลิโมลาร์)	2.5
ไพรเมอร์ Reverse DNA (5 มิลลิโมลาร์)	2.5
แมกนีเซียมคลอไรด์ (25 มิลลิโมลาร์)	3
เอนไซม์ Taq DNA polymerase (5 ยูนิตต่อไมโครลิตร)	0.5
จีโนมิกดีเอ็นเอ	1
น้ำกลั่นปราศจากเชื้อ	34.5
ปริมาตรสุทธิ	50

ตารางที่ ก-2 สภาวะที่ใช้ในการเพิ่มปริมาณยีน 16S rDNA ด้วยเทคนิคปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส

ขั้นที่	ขั้นตอน	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา
1	Initial Denaturation	94	5 นาที
2	Denaturation	94	30 วินาที
	Annealing	50	30 วินาที
	Extension	72	1 นาที
3	Final Extension	72	10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


ภาคผนวก ก-7.4 การทำดีเอ็นเอให้บริสุทธิ์

หลังจากวิเคราะห์ขนาดและปริมาณผลิตภัณฑ์ PCR ด้วยเทคนิคอะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส แล้วทำการแยกแถบผลิตภัณฑ์ PCR ขนาดที่ต้องการด้วยชุดแยกดีเอ็นเอออกจากเจล (Qiagen, Germany) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ตัดแถบผลิตภัณฑ์ PCR ที่ต้องการใส่ลงในหลอดทดลอง เติม Buffer QG ปริมาตร 3 เท่าของน้ำหนักรวม และนำไปปั่นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที หรือจนกว่าเจลละลายหมด
2. เติมไอโซโพรพานอล (isopropanol) ปริมาตร 1 เท่าของน้ำหนักรวม ผสมให้เข้ากัน และนำ QIAquick spin column ใส่ลงใน collection tube
3. ปิดฝาสารละลายดีเอ็นเอลงใน QIAquick spin column และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิห้อง
4. เติม Buffer PE ปริมาตร 750 ไมโครลิตร และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิห้อง
5. ทำการปั่นเหวี่ยงซ้ำอีกครั้ง และย้าย QIAquick spin column ลงในหลอดไมโครเซ็นตริฟิวจ์หลอดใหม่ฟิวจ์หลอดใหม่
6. เติม Buffer EB ปริมาตร 50 ไมโครลิตร และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 นาที
7. นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิห้อง และเก็บผลิตภัณฑ์ PCR ที่แยกได้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

ภาคผนวก ก-7.5 การวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของผลิตภัณฑ์ PCR ของยีน 16S rDNA

นำผลิตภัณฑ์ PCR ของยีน 16S rDNA ไปวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์จาก BigDye Terminator Reactions ด้วยเครื่อง ABI PRISM 3700 DNA Analyzer แล้วนำลำดับนิวคลีโอไทด์เปรียบเทียบกับยีน 16S rDNA ของสิ่งมีชีวิตอื่นที่ได้รายงานไว้ในธนาคารยีน



ภาคผนวก ข
ตารางแสดงอัตราการไหลของบมเก็บอากาศ และความ
เข้มข้นของจุลินทรีย์ในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข-1 การคำนวณความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในอากาศ

- อัตราการไหลเฉลี่ยที่สภาวะความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน (\bar{Q}_{std}) คำนวณจากสมการที่ ข-1

$$\bar{Q}_{std} = \bar{Q}_{av} \left(\frac{P_{av}}{P_{std}} \right) \left(\frac{T_{std}}{T_{av}} \right) \dots \dots \dots (ข-1)$$

เมื่อ

\bar{Q}_{std} = อัตราการไหลเฉลี่ยของอากาศที่สภาวะมาตรฐาน (m^3std/min)

\bar{Q}_{av} = อัตราการไหลเฉลี่ยของอากาศที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง (m^3/min)

P_{av} = ความกดอากาศเฉลี่ยของบรรยากาศขณะการเก็บตัวอย่าง (kPa)

T_{av} = อุณหภูมิบรรยากาศเฉลี่ยขณะดำเนินการเก็บตัวอย่าง (K)

T_{std} = อุณหภูมิที่สภาวะมาตรฐานเท่ากับ 298 K

P_{std} = ความกดอากาศที่สภาวะมาตรฐานเท่ากับ 1013.250 kPa

- ปริมาตรอากาศทั้งหมดที่เก็บตัวอย่างที่สภาวะความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน คำนวณจากสมการที่ ข-2

$$V_{std} = (\bar{Q}_{std})(t) \dots \dots \dots (ข-2)$$

เมื่อ

V_{std} = ปริมาตรตัวอย่างอากาศทั้งหมดที่สภาวะมาตรฐาน (m^3)

t = ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง (min)

3. จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ คำนวณจากสมการที่ ข-3

$$CFU \text{ (Colony Forming Unit)}/m^3 = \frac{\text{Colony counted on agar plate}}{\text{Air volume std}} \dots(ข-3)$$

เมื่อ

Colony counted on agar plate = จำนวน โคล โคลนีของเชื้อจุลินทรีย์ที่นับ ได้จากจานเพาะเชื้อ

Air volume std = ปริมาตรตัวอย่างอากาศทั้งหมดที่สภาวะมาตรฐาน (m^3)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 อัตราการไหลของน้ำก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในรถโดยสารประจำรับอากาศทางสาย 517

รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 1)			รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 2)			รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 3)		
ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง
1	28.367	28.355	1	28.362	28.355	1	28.367	28.351
2	28.354	28.348	2	28.353	28.360	2	28.367	28.346
3	28.354	28.331	3	28.344	28.351	3	28.351	28.338
4	28.372	28.347	4	28.329	28.351	4	28.343	28.349
5	28.361	28.363	5	28.329	28.345	5	28.338	28.333
6	28.350	28.363	6	28.338	28.353	6	28.330	28.324
7	28.350	28.351	7	28.349	28.332	7	28.336	28.333
8	28.315	28.357	8	28.352	28.321	8	28.347	28.320
9	28.326	28.344	9	28.352	28.309	9	28.329	28.311
10	28.342	28.330	10	28.366	28.318	10	28.349	28.324
ค่าเฉลี่ย	28.349		ค่าเฉลี่ย	28.343		ค่าเฉลี่ย	28.339	

ตารางที่ ข-2 ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517

ชั้นที่	รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 1)				รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 2)		รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 3)		\bar{X}	S.D.
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)		
Stage 1	> 7.0	1	121	547.53	117	433.21	141	511.43	497.39	58.44
		2	149		109		138			
		3	185		134		146			
		เฉลี่ย	151.67		120.00		141.67			
Stage 2	4.7-7.0	1	113	429.60	141	453.67	106	445.25	442.84	12.21
		2	103		116		143			
		3	141		120		121			
		เฉลี่ย	119		125.67		123.33			
Stage 3	3.3-4.7	1	132	509.03	177	652.23	155	587.24	582.97	71.50
		2	149		191		174			
		3	142		174		159			
		เฉลี่ย	141.00		180.67		162.67			

ตารางที่ ข-2 (ต่อ) ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถโดยสารประจำทางสาย 517

ชั้นที่	รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 1)				รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 2)		รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 3)		\bar{x}	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)		
Stage 4	2.1-3.3	1	176	519.86	111	421.18	124	457.28	466.11	49.93
		2	144		109		139			
		3	112		130		117			
		เฉลี่ย	144.00		116.67		126.67			
Stage 5	1.1-2.1	1	97	315.28	145	481.35	102	391.10	395.91	83.14
		2	90		139		115			
		3	75		116		108			
		เฉลี่ย	87.33		133.33		108.00			
Stage 6	0.65-1.1	1	191	643.80	126	509.03	140	478.94	543.92	87.79
		2	169		154		132			
		3	175		143		126			
		เฉลี่ย	178.33		141.00		133.00			

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียคิดเทียบที่อุณหภูมิ 25 °C ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ

ตารางที่ ข-3 อัตราการไหลของน้ำก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายนอกอาคารโดยสารประจำปรับอากาศทางสาย 517

รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 1)			รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 2)			รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 3)		
ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง
1	28.372	28.363	1	28.368	28.354	1	28.370	28.367
2	28.361	28.355	2	28.354	28.346	2	28.362	28.351
3	28.355	28.341	3	28.347	28.342	3	28.356	28.337
4	28.350	28.338	4	28.347	28.349	4	28.356	28.342
5	28.362	28.321	5	28.336	28.338	5	28.340	28.342
6	28.357	28.347	6	28.324	28.326	6	28.332	28.330
7	28.357	28.359	7	28.335	28.331	7	28.343	28.322
8	28.342	28.367	8	28.346	28.342	8	28.349	28.316
9	28.332	28.354	9	28.353	28.342	9	28.337	28.328
10	28.321	28.347	10	28.343	28.338	10	28.345	28.334
ค่าเฉลี่ย	28.350		ค่าเฉลี่ย	28.343		ค่าเฉลี่ย	28.343	

ตารางที่ ข-4 ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกอาคารโดยสารประจำทางสาย 517

ชั้นที่	รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 1)				รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 2)		รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 3)		\bar{x}	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)		
Stage 1	> 7.0	1	58	203.37	59	210.59	42	168.47	194.14	22.52
		2	66		51		46			
		3	45		65		52			
		เฉลี่ย	56.33		58		47			
Stage 2	4.7-7.0	1	56	228.64	74	211.79	43	190.13	210.19	19.31
		2	74		53		61			
		3	60		49		54			
		เฉลี่ย	63.33		59		53			
Stage 3	3.3-4.7	1	69	233.45	33	174.49	50	209.39	205.78	29.65
		2	71		52		67			
		3	54		60		57			
		เฉลี่ย	64.67		48.33		58			

ตารางที่ ข-4 (ต่อ) ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกโดยสารประจำปรับอากาศทางสาย 517 วันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2553

ชนิด- ชนิด	รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 1)				รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 2)		รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 3)		\bar{x}	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)		
Stage 4	2.1-3.3	1	37	127.56	71	151.62	67	148.01	140.40	12.40
		2	31		(39)		(39)			
		3	38		55		56			
		เฉลี่ย	35.33		63.00		61.50			
Stage 5	1.1-2.1	1	97	202.17	53	237.06	76	288.81	235.94	31.93
		2	(32)		67		63			
		3	71		77		82			
		เฉลี่ย	84		65.67		73.67			
Stage 6	0.65-1.1	1	47	176.90	46	150.42	42	148.01	158.44	16.03
		2	56		30		32			
		3	44		49		49			
		เฉลี่ย	49		41.67		41			

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียคิดเทียบที่อุณหภูมิ 25 °C ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ () : ค่าที่ตัดทิ้ง

ตารางที่ ข-5 อัตราการไหลของป้อนก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อราในอากาศภายในรถโดยสารประจำปรับอากาศทางสาย 517

รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 1)			รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 2)			รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 3)		
ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง
1	28.366	28.358	1	28.364	28.357	1	28.367	28.353
2	28.353	28.352	2	28.356	28.342	2	28.351	28.340
3	28.341	28.352	3	28.342	28.337	3	28.347	28.340
4	28.358	28.341	4	28.350	28.346	4	28.339	28.347
5	28.367	28.333	5	28.341	28.351	5	28.320	28.331
6	28.352	28.320	6	28.333	28.336	6	28.342	28.323
7	28.344	28.327	7	28.347	28.341	7	28.322	28.340
8	28.332	28.335	8	28.354	28.330	8	28.346	28.328
9	28.345	28.342	9	28.343	28.344	9	28.354	28.322
10	28.340	28.350	10	28.343	28.344	10	28.354	28.331
ค่าเฉลี่ย	28.345		ค่าเฉลี่ย	28.345		ค่าเฉลี่ย	28.340	

ตารางที่ ข-6 ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517

ชั้นที่	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 1)		รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 2)		รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 3)		\bar{x}	S.D
			จำนวนโคโลนี ของเชื้อรา	ความเข้มข้นของ เชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อรา	ความเข้มข้นของ เชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อรา	ความเข้มข้นของ เชื้อรา (CFU/m ³)		
Stage 1	> 7.0	1	108	219.01	68	250.30	116	245.49	238.27	16.85
		2	(31)		56		(32)			
		3	74		84		88			
		เฉลี่ย	91		69.33		102			
Stage 2	4.7-7.0	1	88	299.64	96	286.40	131	298.44	294.83	7.32
		2	96		(32)		(49)			
		3	65		142		117			
		เฉลี่ย	83.00		119		124			
Stage 3	3.3-4.7	1	102	317.69	140	386.28	117	322.13	342.13	38.38
		2	83		(38)		(47)			
		3	79		181		159			
		เฉลี่ย	88.00		160.50		138			

หมายเหตุ () : ค่าที่ตัดทิ้ง

ตารางที่ ข-6 (ต่อ) ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517

ชั้นที่	รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 1)				รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 2)		รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 3)		\bar{x}	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)		
Stage 4	2.1-3.3	1	183	523.47	149	525.87	109	432.01	493.78	53.51
		2	107		96		113			
		3	145		192		137			
		เฉลี่ย	145		145.67		119.67			
Stage 5	1.1-2.1	1	199	638.99	172	625.75	237	864.02	709.59	133.91
		2	162		192		210			
		3	170		156		271			
		เฉลี่ย	177.00		173.33		239.33			
Stage 6	0.65-1.1	1	32	126.35	45	162.45	49	163.66	150.82	21.2
		2	34		57		35			
		3	39		33		52			
		เฉลี่ย	35		45		45			

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของเชื้อราคิดเทียบที่อุณหภูมิ 25 °C ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ

ตารางที่ ข-7 อัตราการไหลของน้ำก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อราในอากาศภายนอกอาคารโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517

รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 1)			รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 2)			รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 3)		
ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง
1	28.369	28.353	1	28.365	28.350	1	28.366	28.350
2	28.354	28.344	2	28.357	28.350	2	28.357	28.339
3	28.343	28.337	3	28.350	28.341	3	28.350	28.321
4	28.330	28.342	4	28.341	28.356	4	28.343	28.342
5	28.337	28.334	5	28.334	28.333	5	28.337	28.328
6	28.349	28.322	6	28.347	28.342	6	28.348	28.316
7	28.360	28.310	7	28.339	28.354	7	28.348	28.337
8	28.352	28.325	8	28.326	28.340	8	28.336	28.343
9	28.352	28.339	9	28.338	28.331	9	28.341	28.332
10	28.339	28.348	10	28.342	28.325	10	28.335	28.340
ค่าเฉลี่ย	28.342		ค่าเฉลี่ย	28.343		ค่าเฉลี่ย	28.340	

ตารางที่ ข-8 ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกอาคารโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517

ชั้นที่	รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 1)				รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 2)		รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 3)		\bar{x}	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)		
Stage 1	> 7.0	1	56	179.30	(46)	178.10	85	186.52	181.31	4.55
		2	49		76		(39)			
		3	44		72		70			
		เฉลี่ย	50		74		77.50			
Stage 2	4.7-7.0	1	87	241.88	57	250.30	103	238.27	243.48	6.17
		2	52		64		52			
		3	62		87		95			
		เฉลี่ย	67.00		69.33		99			
Stage 3	3.3-4.7	1	90	280.39	84	364.62	91	352.59	332.53	45.56
		2	75		99		83			
		3	68		120		119			
		เฉลี่ย	77.67		101		97.67			

หมายเหตุ () : ค่าที่ตัดทิ้ง

ตารางที่ ข-8 (ต่อ) ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกอาคารโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517

ชั้นที่	รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 1)				รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 2)		รถโดยสารประจำทาง (คันที่ 3)		\bar{x}	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)		
Stage 4	2.1-3.3	1	120	359.81	129	395.91	98	357.40	371.04	21.57
		2	101		88		86			
		3	78		112		113			
		เฉลี่ย	99.67		109.67		99			
Stage 5	1.1-2.1	1	89	323.71	120	268.35	65	180.51	257.52	72.21
		2	66		103		(35)			
		3	114		(51)		85			
		เฉลี่ย	89.67		74.33		50			
Stage 6	0.65-1.1	1	33	113.12	39	132.37	31	142.00	129.16	14.7
		2	31		33		42			
		3	30		38		45			
		เฉลี่ย	31.33		36.67		39.33			

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของเชื้อราคิดเทียบที่อุณหภูมิ 25 °C ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ หมายเหตุ () : ค่าที่ตัดทิ้ง

ตารางที่ ข-9 อัตราการไหลของปี่มก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต

รถตู้โดยสาร (คันที่ 1)			รถตู้โดยสาร (คันที่ 2)			รถตู้โดยสาร (คันที่ 3)		
ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาทีก)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาทีก)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาทีก)	
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง
1	28.385	28.373	1	28.381	28.374	1	28.369	28.362
2	28.370	28.353	2	28.337	28.342	2	28.356	28.351
3	28.354	28.331	3	28.320	28.331	3	28.350	28.348
4	28.372	28.311	4	28.311	28.318	4	28.347	28.340
5	28.369	28.374	5	28.367	28.318	5	28.351	28.340
6	28.347	28.362	6	28.350	28.303	6	28.345	28.352
7	28.370	28.340	7	28.341	28.336	7	28.340	28.359
8	28.340	28.316	8	28.333	28.322	8	28.343	28.343
9	28.365	28.322	9	28.315	28.310	9	28.352	28.331
10	28.333	28.322	10	28.315	28.301	10	28.352	28.311
ค่าเฉลี่ย	28.350		ค่าเฉลี่ย	28.331		ค่าเฉลี่ย	28.347	

ตารางที่ ข-10 ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต

ชั้นที่	ช่วงขนาด (ไมครอน)	รถตู้โดยสาร (คันที่ 1)			รถตู้โดยสาร (คันที่ 2)			รถตู้โดยสาร (คันที่ 3)			\bar{x}	S.D
		ครั้งที่	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)				
Stage 1	> 7.0	1	149	497.58	159	506.04	175	602.66	535.43	53.38		
		2	125		137		158					
		3	138		123		166					
		เฉลี่ย	137.33		139.67		166.33					
Stage 2	4.7-7.0	1	163	519.32	113	449.28	133	524.15	497.58	41.90		
		2	147		132		161					
		3	120		127		140					
		เฉลี่ย	143.33		124.00		144.67					
Stage 3	3.3-4.7	1	89	363.53	(61)	321.26	107	324.88	336.56	23.43		
		2	113		155		73					
		3	99		111		89					
		เฉลี่ย	100.33		88.67		90					

หมายเหตุ () : ค่าที่ตัดทิ้ง

ตารางที่ ข-10 (ต่อ) ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต

ชั้นที่	รถตู้โดยสาร (คันที่ 1)				รถตู้โดยสาร (คันที่ 2)		รถตู้โดยสาร (คันที่ 3)		\bar{x}	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)		
Stage 4	2.1-3.3	1	141	451.69	176	586.96	187	619.57	552.74	89.02
		2	125		159		159			
		3	108		151		167			
		เฉลี่ย	124.67		162		171			
Stage 5	1.1-2.1	1	145	509.66	134	425.12	111	416.67	450.48	51.42
		2	151		107		102			
		3	126		111		132			
		เฉลี่ย	141		117		115			
Stage 6	0.65-1.1	1	36	121.98	32	153.38	43	140.10	138.49	15.76
		2	31		48		33			
		3	34		47		40			
		เฉลี่ย	34		42		39			

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียคิดเทียบที่อุณหภูมิ 25 °C ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ

ตารางที่ ข-11 อัตราการไหลของป้มนก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายนอกประตูโดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต

รถตู้โดยสาร (คันที่ 1)			รถตู้โดยสาร (คันที่ 2)			รถตู้โดยสาร (คันที่ 3)		
ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง
1	28.382	28.369	1	28.371	28.364	1	28.372	28.365
2	28.336	28.348	2	28.363	28.350	2	28.353	28.350
3	28.320	28.320	3	28.352	28.341	3	28.341	28.342
4	28.372	28.375	4	28.358	28.332	4	28.352	28.322
5	28.364	28.352	5	28.346	28.337	5	28.338	28.310
6	28.311	28.352	6	28.346	28.343	6	28.344	28.347
7	28.357	28.338	7	28.331	28.343	7	28.322	28.332
8	28.340	28.317	8	28.340	28.337	8	28.356	28.318
9	28.328	28.331	9	28.345	28.331	9	28.363	28.306
10	28.307	28.302	10	28.352	28.342	10	28.347	28.337
ค่าเฉลี่ย	28.341		ค่าเฉลี่ย	28.346		ค่าเฉลี่ย	28.341	

ตารางที่ ข-12 ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกฤดูโดยสารปรับอากาศสาธาณะสายลาดกระบ้ง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต

ชั้นที่	ช่วงขนาด (ไมครอน)	รถตู้โดยสาร (คันที่ 1)			รถตู้โดยสาร (คันที่ 2)			รถตู้โดยสาร (คันที่ 3)		\bar{X}	S.D
		ครั้งที่	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)			
Stage 1	> 7.0	1	73	236.71	59	195.65	57	192.03	208.13	24.82	
		2	52		62		60				
		3	71		41		42				
		เฉลี่ย	65		54		53				
Stage 2	4.7-7.0	1	65	201.69	34	155.80	48	149.76	169.08	28.40	
		2	43		49		33				
		3	59		46		43				
		เฉลี่ย	56		43		41				
Stage 3	3.3-4.7	1	68	237.92	89	240.34	54	233.09	237.12	3.69	
		2	72		48		76				
		3	57		62		63				
		เฉลี่ย	66		66		64				

ตารางที่ ข-12 (ต่อ) ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกอาคารผู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต

ชั้นที่	ช่วงขนาด (ไมครอน)	รถตู้โดยสาร (คันที่ 1)			รถตู้โดยสาร (คันที่ 2)			รถตู้โดยสาร (คันที่ 3)			\bar{x}	S.D
		ครั้งที่	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)				
Stage 4	2.1-3.3	1	47	195.65	45	208.94	49	166.67	190.42	21.61		
		2	63		54		46					
		3	52		74		43					
		เฉลี่ย	54		58		46					
Stage 5	1.1-2.1	1	38	126.81	31	123.19	39	155.80	135.27	17.87		
		2	36		36		46					
		3	31		35		44					
		เฉลี่ย	35		34		43					
Stage 6	0.65-1.1	1	30	120.77	39	131.64	31	132.85	128.42	6.65		
		2	34		37		41					
		3	36		33		38					
		เฉลี่ย	33		36		37					

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียคิดเทียบที่อุณหภูมิ 25 °C ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ

ตารางที่ ข-13 อัตราการไหลของปีมาก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อราในอากาศภายในรถตู้ปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต

รถตู้โดยสาร (คันที่ 1)			รถตู้โดยสาร (คันที่ 2)			รถตู้โดยสาร (คันที่ 3)		
ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง
1	28.376	28.361	1	28.376	28.365	1	28.370	28.364
2	28.363	28.311	2	28.337	28.330	2	28.366	28.355
3	28.324	28.355	3	28.321	28.314	3	28.359	28.348
4	28.302	28.378	4	28.311	28.302	4	28.352	28.356
5	28.343	28.362	5	28.358	28.343	5	28.352	28.350
6	28.350	28.347	6	28.342	28.328	6	28.357	28.340
7	28.339	28.347	7	28.331	28.328	7	28.345	28.326
8	28.339	28.324	8	28.331	28.316	8	28.332	28.326
9	28.315	28.310	9	28.320	28.31	9	28.358	28.344
10	28.370	28.310	10	28.309	28.318	10	28.341	28.320
ค่าเฉลี่ย	28.341		ค่าเฉลี่ย	28.330		ค่าเฉลี่ย	28.348	

ตารางที่ ข-14 ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต

ชั้นที่	ช่วงขนาด (ไมครอน)	รถตู้โดยสาร (คันที่ 1)			รถตู้โดยสาร (คันที่ 2)			รถตู้โดยสาร (คันที่ 3)		\bar{x}	S.D
		ครั้งที่	จำนวนโคโลนี ของเชื้อรา	ความเข้มข้นของ เชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อรา	ความเข้มข้นของ เชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อรา	ความเข้มข้นของ เชื้อรา (CFU/m ³)			
Stage 1	> 7.0	1	83	247.58	37	155.80	37	144.93	182.77	56.39	
		2	60		44		41				
		3	62		48		42				
		เฉลี่ย	68.33		43		40				
Stage 2	4.7-7.0	1	121	524.15	132	510.87	148	614.73	549.92	56.52	
		2	144		178		187				
		3	169		113		174				
		เฉลี่ย	145		141		170				
Stage 3	3.3-4.7	1	189	553.14	179	582.13	144	543.48	559.58	20.11	
		2	117		155		170				
		3	152		148		136				
		เฉลี่ย	152.67		161		150				

ตารางที่ ข-14 (ต่อ) ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถตู้โดยสารปรับอากาศสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต

ชั้นที่	รถตู้โดยสาร (คันที่ 1)				รถตู้โดยสาร (คันที่ 2)		รถตู้โดยสาร (คันที่ 3)		\bar{x}	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)		
Stage 4	2.1-3.3	1	181	566.43	165	460.14	160	506.04	510.87	53.31
		2	172		109		117			
		3	116		107		142			
		เฉลี่ย	156.33		127		140			
Stage 5	1.1-2.1	1	176	707.73	139	543.48	125	544.69	598.63	94.48
		2	228		160		146			
		3	182		151		180			
		เฉลี่ย	195		150		150			
Stage 6	0.65-1.1	1	39	125.60	37	121.98	53	166.67	138.08	24.82
		2	34		30		49			
		3	31		34		36			
		เฉลี่ย	35		34		46			

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของเชื้อราคิดเทียบที่อุณหภูมิ 25 °C ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ

ตารางที่ ข-15 อัตราการไหลของน้ำก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อราในอากาศภายนอกอาคารโดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต

รถตู้โดยสาร (คันที่ 1)			รถตู้โดยสาร (คันที่ 2)			รถตู้โดยสาร (คันที่ 3)		
ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง
1	28.376	28.368	1	28.369	28.357	1	28.371	28.368
2	28.330	28.335	2	28.357	28.355	2	28.358	28.354
3	28.317	28.335	3	28.352	28.355	3	28.352	28.341
4	28.366	28.318	4	28.346	28.343	4	28.347	28.347
5	28.350	28.305	5	28.350	28.338	5	28.351	28.347
6	28.339	28.318	6	28.350	28.342	6	28.345	28.353
7	28.339	28.324	7	28.357	28.349	7	28.353	28.338
8	28.323	28.341	8	28.362	28.352	8	28.353	28.320
9	28.312	28.311	9	28.358	28.361	9	28.339	28.350
10	28.303	28.303	10	28.352	28.343	10	28.343	28.332
ค่าเฉลี่ย	28.331		ค่าเฉลี่ย	28.352		ค่าเฉลี่ย	28.348	

ตารางที่ ข-16 ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกประตูโดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต

ชั้นที่	รถตู้โดยสาร (คันที่ 1)				รถตู้โดยสาร (คันที่ 2)		รถตู้โดยสาร (คันที่ 3)		\bar{x}	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)		
Stage 1	> 7.0	1	48	161.84	37	147.34	38	137.68	148.95	12.16
		2	49		41		35			
		3	37		44		41			
		เฉลี่ย	45		41		38			
Stage 2	4.7-7.0	1	88	304.35	48	204.11	71	271.74	260.07	51.13
		2	94		58		90			
		3	70		63		64			
		เฉลี่ย	84		56.33		75.00			
Stage 3	3.3-4.7	1	78	299.52	50	229.47	55	201.69	243.56	50.41
		2	98		66		63			
		3	72		74		49			
		เฉลี่ย	83		63		56			

ตารางที่ ข-16 (ต่อ) ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกฤดูโดยสารปรับอากาศสารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต

ชั้นที่	ช่วงขนาด (ไมครอน)	รถตู้โดยสาร (คันที่ 1)			รถตู้โดยสาร (คันที่ 2)			รถตู้โดยสาร (คันที่ 3)		\bar{X}	S.D
		ครั้งที่	จำนวนโคโลนี ของเชื้อรา	ความเข้มข้นของ เชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อรา	ความเข้มข้นของ เชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อรา	ความเข้มข้นของ เชื้อรา (CFU/m ³)			
Stage 4	2.1-3.3	1	101	391.30	72	278.99	109	376.81	349.03	61.09	
		2	129		65		92				
		3	94		94		111				
		เฉลี่ย	108		77		104				
Stage 5	1.1-2.1	1	102	385.27	133	402.17	140	433.57	407.00	24.51	
		2	107		104		105				
		3	110		96		114				
		เฉลี่ย	106.33		111		119.67				
Stage 6	0.65-1.1	1	34	120.77	35	119.57	30	141.30	127.21	12.21	
		2	31		30		46				
		3	35		34		41				
		เฉลี่ย	33.33		33		39				

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของเชื้อราคิดเทียบที่อุณหภูมิ 25 °C ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ

ตารางที่ ข-17 อัตราการไหลของบีมก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

รถยนต์ (คันที่ 1)			รถยนต์ (คันที่ 2)			รถยนต์ (คันที่ 3)		
ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง
1	28.386	28.374	1	28.378	28.370	1	28.381	28.374
2	28.303	28.326	2	28.303	28.326	2	28.337	28.342
3	28.327	28.373	3	28.327	28.326	3	28.320	28.331
4	28.375	28.389	4	28.375	28.389	4	28.360	28.318
5	28.391	28.391	5	28.391	28.346	5	28.367	28.318
6	28.322	28.317	6	28.322	28.317	6	28.350	28.303
7	28.363	28.358	7	28.322	28.329	7	28.341	28.354
8	28.396	28.313	8	28.345	28.313	8	28.321	28.322
9	28.350	28.385	9	28.350	28.385	9	28.315	28.310
10	28.333	28.301	10	28.333	28.301	10	28.315	28.326
ค่าเฉลี่ย	28.354		ค่าเฉลี่ย	28.354		ค่าเฉลี่ย	28.335	

ตารางที่ ข-18 ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

ชั้นที่	รถยนต์ (คันที่ 1)				รถยนต์ (คันที่ 2)		รถยนต์ (คันที่ 3)		X	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย	ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย	ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย	ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)		
Stage 1	> 7.0	1	54	253.29	(43)	270.01	76	330.94	284.75	40.87
		2	76		132		113			
		3	82		94		88			
		เฉลี่ย	70		113		92.33			
Stage 2	4.7-7.0	1	89	360.81	85	322.58	118	332.14	338.51	19.90
		2	110		91		82			
		3	103		94		78			
		เฉลี่ย	100.67		90.00		92.67			
Stage 3	3.3-4.7	1	107	242.53	99	231.78	72	232.97	235.76	5.89
		2	(59)		(46)		55			
		3	96		95		68			
		เฉลี่ย	101.50		80.00		65			

หมายเหตุ () : ค่าที่ตัดทิ้ง

ตารางที่ ข-18 (ต่อ) ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

ระดับ	ช่วงขนาด (ไมครอน)	รถยนต์ (คันที่ 1)			รถยนต์ (คันที่ 2)			รถยนต์ (คันที่ 3)			\bar{X}	S.D
		ครั้งที่	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)				
Stage 4	2.1-3.3	1	85	268.82	80	248.51	61	193.55	236.96	38.94		
		2	71		66		48					
		3	69		62		53					
		เฉลี่ย	75.00		69.33		54.00					
Stage 5	1.1-2.1	1	97	357.23	101	310.63	143	310.63	326.16	26.90		
		2	89		72		67					
		3	113		87		117					
		เฉลี่ย	99.67		86.67		130.00					
Stage 6	0.65-1.1	1	46	151.73	39	154.12	56	143.37	149.74	5.64		
		2	44		43		33					
		3	37		47		36					
		เฉลี่ย	42.33		43.00		40.00					

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียคิดเทียบที่อุณหภูมิ 25 °C ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ

ตารางที่ ข-19 อัตราการไหลของน้ำก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

รถยนต์ (คันที่ 1)			รถยนต์ (คันที่ 2)			รถยนต์ (คันที่ 3)		
ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง
1	28.373	28.370	1	28.374	28.371	1	28.371	28.369
2	28.398	28.384	2	28.381	28.365	2	28.363	28.350
3	28.324	28.302	3	28.324	28.302	3	28.340	28.341
4	28.367	28.327	4	28.367	28.327	4	28.324	28.330
5	28.391	28.356	5	28.327	28.356	5	28.346	28.337
6	28.320	28.385	6	28.320	28.385	6	28.346	28.349
7	28.352	28.326	7	28.352	28.326	7	28.331	28.343
8	28.333	28.354	8	28.333	28.326	8	28.340	28.328
9	28.327	28.338	9	28.333	28.302	9	28.332	28.331
10	28.310	28.338	10	28.310	28.338	10	28.341	28.342
ค่าเฉลี่ย	28.349		ค่าเฉลี่ย	28.341		ค่าเฉลี่ย	28.343	

ตารางที่ ข-20 ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

ระดับชั้นที่	รถยนต์ (คันที่ 1)				รถยนต์ (คันที่ 2)		รถยนต์ (คันที่ 3)		\bar{X}	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย	ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย	ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย	ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)		
Stage 1	> 7.0	1	36	126.64	35	117.08	45	137.40	127.04	10.17
		2	32		30		37			
		3	38		33		33			
		เฉลี่ย	35		33		38			
Stage 2	4.7-7.0	1	66	205.50	51	166.07	76	238.95	203.51	36.48
		2	57		45		65			
		3	49		43		59			
		เฉลี่ย	57.33		46.33		66.67			
Stage 3	3.3-4.7	1	62	200.72	54	166.07	52	187.57	184.79	17.49
		2	47		40		44			
		3	59		45		61			
		เฉลี่ย	56		46.33		52.33			

ตารางที่ ข-20 (ต่อ) ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

ชั้นที่	รถยนต์ (คันที่ 1)				รถยนต์ (คันที่ 2)		รถยนต์ (คันที่ 3)		\bar{x}	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย	ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย	ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย	ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)		
Stage 4	2.1-3.3	1	64	219.83	53	215.05	55	219.83	218.24	2.76
		2	69		67		71			
		3	51		60		58			
		เฉลี่ย	61.33		60.00		61.33			
Stage 5	1.1-2.1	1	87	275.99	76	238.95	69	217.44	244.13	29.62
		2	79		65		54			
		3	65		59		59			
		เฉลี่ย	77.00		66.67		60.67			
Stage 6	0.65-1.1	1	41	137.40	35	137.40	31	127.84	134.21	5.52
		2	39		42		37			
		3	35		38		39			
		เฉลี่ย	38.33		38.33		35.67			

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียคิดเทียบที่อุณหภูมิ 25 °C ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ

ตารางที่ ข-21 อัตราการไหลของบีมก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อราในอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

รถยนต์ (คันที่ 1)			รถยนต์ (คันที่ 2)			รถยนต์ (คันที่ 3)		
ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง
1	28.376	28.372	1	28.370	28.368	1	28.376	28.365
2	28.395	28.350	2	28.395	28.350	2	28.337	28.470
3	28.323	28.332	3	28.323	28.332	3	28.321	28.329
4	28.367	28.303	4	28.323	28.303	4	28.300	28.302
5	28.390	28.342	5	28.390	28.342	5	28.358	28.343
6	28.313	28.361	6	28.313	28.342	6	28.342	28.328
7	28.346	28.390	7	28.346	28.353	7	28.331	28.328
8	28.371	28.376	8	28.350	28.376	8	28.331	28.316
9	28.358	28.347	9	28.358	28.324	9	28.320	28.310
10	28.304	28.369	10	28.301	28.369	10	28.334	28.321
ค่าเฉลี่ย	28.354		ค่าเฉลี่ย	28.346		ค่าเฉลี่ย	28.338	

ตารางที่ ข-22 ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

ชั้นที่	รถยนต์ (คันที่ 1)				รถยนต์ (คันที่ 2)		รถยนต์ (คันที่ 3)		\bar{x}	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)		
Stage 1	> 7.0	1	30	129.03	42	137.40	45	164.87	143.77	18.75
		2	37		34		43			
		3	41		39		50			
		เฉลี่ย	36.00		38.00		46.00			
Stage 2	4.7-7.0	1	73	270.01	75	268.82	89	183.99	240.94	49.32
		2	67		67		65			
		3	86		83		(34)			
		เฉลี่ย	75.00		75.00		77.00			
Stage 3	3.3-4.7	1	68	284.35	56	247.31	83	308.24	279.97	30.70
		2	86		87		96			
		3	84		64		79			
		เฉลี่ย	79.33		69.00		86.00			

หมายเหตุ () : ค่าที่ตัดทิ้ง

ตารางที่ ข-22 (ต่อ) ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

ชั้นที่	รถยนต์ (คันที่ 1)				รถยนต์ (คันที่ 2)		รถยนต์ (คันที่ 3)		\bar{X}	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)		
Stage 4	2.1-3.3	1	45	146.95	47	174.43	52	168.46	163.28	14.45
		2	42		59		47			
		3	36		40		42			
		เฉลี่ย	41.00		48.67		47			
Stage 5	1.1-2.1	1	141	382.32	123	397.85	85	274.79	367.55	81.96
		2	102		98		76			
		3	117		112		69			
		เฉลี่ย	120.00		111.00		76.67			
Stage 6	0.65-1.1	1	36	127.84	39	136.20	45	139.78	134.61	6.13
		2	33		32		33			
		3	38		43		39			
		เฉลี่ย	36		38		39			

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของเชื้อราคิดเทียบที่อุณหภูมิ 25 °C ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ

ตารางที่ ข-23 อัตราการไหลของน้ำก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อราในอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

รถยนต์ (คันที่ 1)			รถยนต์ (คันที่ 2)			รถยนต์ (คันที่ 3)		
ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง
1	28.373	28.370	1	28.370	28.688	1	28.369	28.365
2	28.341	28.344	2	28.341	28.344	2	28.357	28.355
3	28.340	28.307	3	28.341	28.3018	3	28.337	28.355
4	28.322	28.326	4	28.322	28.326	4	28.346	28.343
5	28.301	28.354	5	28.301	28.339	5	28.350	28.338
6	28.327	28.322	6	28.327	28.322	6	28.350	28.331
7	28.339	28.343	7	28.339	28.343	7	28.357	28.349
8	28.322	28.319	8	28.341	28.319	8	28.362	28.352
9	28.327	28.319	9	28.327	28.319	9	28.321	28.361
10	28.336	28.301	10	28.336	28.301	10	28.352	28.343
ค่าเฉลี่ย	28.332		ค่าเฉลี่ย	28.347		ค่าเฉลี่ย	28.350	

ตารางที่ ข-24 ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

ชั้นที่	รถยนต์ (คันที่ 1)				รถยนต์ (คันที่ 2)		รถยนต์ (คันที่ 3)		\bar{x}	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)		
Stage 1	> 7.0	1	30	130.23	32	126.64	40	139.78	132.22	6.79
		2	38		38		42			
		3	41		36		35			
		เฉลี่ย	36.00		35.00		39.00			
Stage 2	4.7-7.0	1	60	254.48	53	213.86	56	246.12	238.15	21.45
		2	74		59		88			
		3	79		67		62			
		เฉลี่ย	71.00		60.00		69.00			
Stage 3	3.3-4.7	1	62	230.59	67	224.61	76	289.13	248.11	35.65
		2	55		59		67			
		3	76		62		99			
		เฉลี่ย	64.00		63.00		81.00			

ตารางที่ ข-24 (ต่อ) ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

ชั้นที่	รถยนต์ (คันที่ 1)				รถยนต์ (คันที่ 2)		รถยนต์(คันที่ 3)		\bar{x}	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)		
Stage 4	2.1-3.3	1	58	192.35	64	206.69	55	169.65	189.56	18.68
		2	43		52		40			
		3	60		57		47			
		เฉลี่ย	53.67		57.67		47.33			
Stage 5	1.1-2.1	1	59	197.13	54	189.96	65	198.33	195.14	4.53
		2	57		57		48			
		3	49		48		53			
		เฉลี่ย	55.00		53.00		53.33			
Stage 6	0.65-1.1	1	43	148.15	35	135.01	34	124.25	135.80	11.97
		2	34		31		39			
		3	47		47		31			
		เฉลี่ย	41.33		37.67		34.67			

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของเชื้อราคิดเทียบที่อุณหภูมิ 25 °C ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ

ตารางที่ ข-25 อัตราการไหลของปีมาก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสูนัข

รถยนต์ที่มีสูนัข (คันที่ 1)			รถยนต์ที่มีสูนัข (คันที่ 2)			รถยนต์ที่มีสูนัข (คันที่ 3)		
ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง
1	28.373	28.370	1	28.375	28.370	1	28.384	28.381
2	28.367	28.355	2	28.391	28.392	2	28.304	28.300
3	28.351	28.338	3	28.325	28.321	3	28.332	28.329
4	28.343	28.349	4	28.338	28.358	4	28.365	28.357
5	28.312	28.333	5	28.311	28.336	5	28.384	28.388
6	28.330	28.324	6	28.352	28.311	6	28.325	28.317
7	28.327	28.352	7	28.335	28.345	7	28.300	28.349
8	28.347	28.320	8	28.318	28.379	8	28.346	28.343
9	28.329	28.338	9	28.329	28.320	9	28.303	28.332
10	28.349	28.324	10	28.357	28.304	10	28.352	28.311
ค่าเฉลี่ย	28.342		ค่าเฉลี่ย	28.343		ค่าเฉลี่ย	28.340	

ตารางที่ ข-26 ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสูนัข

ชั้นที่	ช่วงขนาด (ไมครอน)	รถยนต์ที่มีสูนัข (คันที่ 1)			รถยนต์ที่มีสูนัข (คันที่ 2)			รถยนต์ที่มีสูนัข (คันที่ 3)			M	S.D
		ครั้งที่	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อ แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของ เชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)				
Stage 1	> 7.0	1	193	632.60	134	497.57	160	548.66	559.61	68.18		
		2	156		147		142					
		3	171		128		149					
		เฉลี่ย	173.33		136.33		150.33					
Stage 2	4.7-7.0	1	129	448.91	127	481.75	128	429.44	453.44	26.44		
		2	137		151		119					
		3	103		118		106					
		เฉลี่ย	123.00		132.00		117.67					
Stage 3	3.3-4.7	1	156	530.41	136	525.55	165	534.06	530.01	4.27		
		2	143		151		125					
		3	137		145		149					
		เฉลี่ย	145.33		144.00		146.33					

ตารางที่ ข-26 (ต่อ) ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสูบบุหรี่

ชั้นที่	รถยนต์ที่มีสูบบุหรี่ (คันที่ 1)				รถยนต์ที่มีสูบบุหรี่ (คันที่ 2)		รถยนต์ที่มีสูบบุหรี่ (คันที่ 3)		\bar{x}	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย	ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย	ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย	ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)		
Stage 4	2.1-3.3	1	172	611.927	168	553.53	211	688.56	618.00	67.72
		2	177		153		174			
		3	154		134		181			
		เฉลี่ย	167.67		151.67		188.67			
Stage 5	1.1-2.1	1	163	545.01	112	480.54	196	633.82	553.12	76.96
		2	139		148		171			
		3	146		135		154			
		เฉลี่ย	149.33		131.67		173.67			
Stage 6	0.65-1.1	1	44	169.10	47	182.48	58	181.27	177.62	7.40
		2	49		56		49			
		3	46		47		42			
		เฉลี่ย	46.33		50.00		49.67			

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียคิดเทียบที่อุณหภูมิ 25 °C ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ

ตารางที่ ข-27 อัตราการไหลของน้ำก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสูนัข

รถยนต์ที่มีสูนัข (คันที่ 1)			รถยนต์ที่มีสูนัข (คันที่ 2)			รถยนต์ที่มีสูนัข (คันที่ 3)		
ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง
1	28.370	28.367	1	28.365	28.362	1	28.377	28.375
2	28.362	28.351	2	28.327	28.341	2	28.340	28.326
3	28.356	28.337	3	28.304	28.352	3	28.315	28.305
4	28.325	28.314	4	28.323	28.302	4	28.326	28.336
5	28.340	28.342	5	28.359	28.302	5	28.307	28.352
6	28.332	28.330	6	28.337	28.317	6	28.356	28.341
7	28.321	28.357	7	28.301	28.346	7	28.340	28.320
8	28.349	28.316	8	28.320	28.331	8	28.318	28.304
9	28.337	28.335	9	28.353	28.362	9	28.318	28.327
10	28.332	28.351	10	28.369	28.356	10	28.331	28.337
ค่าเฉลี่ย	28.341		ค่าเฉลี่ย	28.336		ค่าเฉลี่ย	28.333	

ตารางที่ ข-28 ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสูบบุหรี่

ชั้นที่	รถยนต์ที่มีสูบบุหรี่ (คันที่ 1)				รถยนต์ที่มีสูบบุหรี่ (คันที่ 2)		รถยนต์ที่มีสูบบุหรี่ (คันที่ 3)		\bar{x}	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย	ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย	ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย	ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)		
Stage 1	> 7.0	1	45	166.67	47	153.28	51	176.40	165.45	11.61
		2	52		35		46			
		3	40		44		48			
		เฉลี่ย	46.00		42.00		48.00			
Stage 2	4.7-7.0	1	58	176.40	43	136.25	50	184.91	165.85	25.99
		2	45		32		57			
		3	42		37		45			
		เฉลี่ย	48.33		37.33		50.67			
Stage 3	3.3-4.7	1	48	210.46	54	198.30	56	242.09	216.95	22.60
		2	57		47		79			
		3	68		62		64			
		เฉลี่ย	57.67		54.33		66.33			

ตารางที่ ข-28 (ต่อ) ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสูนัข

ชั้นที่	รถยนต์ที่มีสูนัข (คันที่ 1)				รถยนต์ที่มีสูนัข (คันที่ 2)		รถยนต์ที่มีสูนัข (คันที่ 3)		\bar{x}	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย	ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย	ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย	ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย (CFU/m ³)		
Stage 4	2.1-3.3	1	40	148.42	31	126.52	67	211.68	162.21	44.22
		2	36		38		51			
		3	46		35		56			
		เฉลี่ย	40.67		34.67		58.00			
Stage 5	1.1-2.1	1	41	166.67	46	178.83	49	184.91	176.80	9.29
		2	52		49		59			
		3	44		52		44			
		เฉลี่ย	45.67		49.00		50.67			
Stage 6	0.65-1.1	1	38	126.52	31	114.36	34	138.69	126.52	12.17
		2	31		30		42			
		3	35		33		38			
		เฉลี่ย	34.67		31.33		38.00			

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียคิดเทียบที่อุณหภูมิ 25 °C ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ

ตารางที่ ข-29 ความเข้มข้นของปื้มก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อราในอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสูนั้

รถยนต์ที่มีสูนั้ (คันที่ 1)			รถยนต์ที่มีสูนั้ (คันที่ 2)			รถยนต์ที่มีสูนั้ (คันที่ 3)		
ครั้งที่	อัตราการใช้ (ลิตร/นาทึ้)		ครั้งที่	อัตราการใช้ (ลิตร/นาทึ้)		ครั้งที่	อัตราการใช้ (ลิตร/นาทึ้)	
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง
1	28.370	28.368	1	28.382	28.380	1	28.376	28.373
2	28.351	28.353	2	28.351	28.348	2	28.345	28.338
3	28.351	28.340	3	28.309	28.335	3	28.316	28.307
4	28.339	28.347	4	28.359	28.306	4	28.337	28.325
5	28.320	28.331	5	28.370	28.324	5	28.369	28.349
6	28.317	28.331	6	28.346	28.366	6	28.342	28.318
7	28.322	28.340	7	28.318	28.330	7	28.302	28.347
8	28.346	28.328	8	28.300	28.308	8	28.327	28.347
9	28.335	28.338	9	28.334	28.337	9	28.358	28.359
10	28.354	28.331	10	28.334	28.359	10	28.341	28.336
ค่าเฉลี่ย	28.341		ค่าเฉลี่ย	28.340		ค่าเฉลี่ย	28.341	

ตารางที่ ข-30 ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสูนัข

ชั้นที่	รถยนต์ที่มีสูนัข (คันที่ 1)				รถยนต์ที่มีสูนัข (คันที่ 2)		รถยนต์ที่มีสูนัข (คันที่ 3)		\bar{X}	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)		
Stage 1	> 7.0	1	45	197.08	48	180.05	38	160.58	179.24	18.26
		2	67		53		49			
		3	50		47		45			
		เฉลี่ย	54.00		49.00		44.00			
Stage 2	4.7-7.0	1	172	598.54	139	525.55	191	745.74	620.28	113.27
		2	169		141		234			
		3	151		152		188			
		เฉลี่ย	164.00		144.00		204.00			
Stage 3	3.3-4.7	1	193	710.46	195	726.28	185	718.98	718.57	7.92
		2	180		189		230			
		3	211		213		176			
		เฉลี่ย	194.67		199.00		197			

ตารางที่ ข-30 (ต่อ) จำนวนโคโลนีของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถยนต์ที่มีสุนัขรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข

ชั้นที่	ช่วงขนาด (ไมครอน)	รถยนต์ที่มีสุนัข (คันที่ 1)			รถยนต์ที่มีสุนัข (คันที่ 2)		รถยนต์ที่มีสุนัข (คันที่ 3)		\bar{x}	S.D
		ครั้งที่	จำนวนโคโลนี ของเชื้อรา	ความเข้มข้นของ เชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อรา	ความเข้มข้นของ เชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนี ของเชื้อรา	ความเข้มข้นของ เชื้อรา (CFU/m ³)		
Stage 4	2.1-3.3	1	120	448.91	154	518.25	123	490.27	485.81	34.88
		2	138		132		148			
		3	111		140		132			
		เฉลี่ย	123.00		142.00		134.33			
Stage 5	1.1-2.1	1	99	358.88	117	436.74	116	390.51	395.38	39.16
		2	85		112		107			
		3	111		130		98			
		เฉลี่ย	98.33		119.67		107.00			
Stage 6	0.65-1.1	1	66	237.23	59	233.58	88	330.90	267.24	55.16
		2	59		64		93			
		3	70		69		91			
		เฉลี่ย	65.00		64.00		91.00			

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของเชื้อราคิดเทียบที่อุณหภูมิ 25 °C ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ

ตารางที่ ข-31 อัตราการไหลของบีมก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ จากการเก็บเชื้อราในอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสูนซ์

รถยนต์ที่มีสูนซ์ (คันที่ 1)			รถยนต์ที่มีสูนซ์ (คันที่ 2)			รถยนต์ที่มีสูนซ์ (คันที่ 3)		
ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที่)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที่)		ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที่)	
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง
1	28.368	28.365	1	28.375	28.371	1	28.366	28.364
2	28.357	28.347	2	28.350	28.321	2	28.331	28.340
3	28.350	28.321	3	28.327	28.349	3	28.314	28.306
4	28.323	28.342	4	28.339	28.330	4	28.348	28.319
5	28.337	28.350	5	28.362	28.313	5	28.369	28.336
6	28.348	28.335	6	28.344	28.342	6	28.335	28.312
7	28.348	28.316	7	28.318	28.322	7	28.319	28.352
8	28.336	28.354	8	28.301	28.305	8	28.304	28.324
9	28.342	28.332	9	28.336	28.361	9	28.322	28.350
10	28.307	28.349	10	28.315	28.343	10	28.343	28.332
ค่าเฉลี่ย	28.341		ค่าเฉลี่ย	28.336		ค่าเฉลี่ย	28.334	

ตารางที่ ข-32 ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสูนัข

ชั้นที่	ช่วงขนาด (ไมครอน)	รถยนต์ที่มีสูนัข (คันที่ 1)			รถยนต์ที่มีสูนัข (คันที่ 2)			รถยนต์ที่มีสูนัข (คันที่ 3)			\bar{x}	S.D
		ครั้งที่	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)				
Stage 1	> 7.0	1	39	128.95	43	145.99	32	128.95	134.63	9.84		
		2	30		37		36					
		3	37		40		38					
		เฉลี่ย	35.00		40.00		35.00					
Stage 2	4.7-7.0	1	91	293.19	89	279.81	65	242.09	271.70	26.50		
		2	78		68		58					
		3	72		73		76					
		เฉลี่ย	80.00		77.00		66.00					
Stage 3	3.3-4.7	1	83	270.07	92	328.47	77	267.64	288.73	34.44		
		2	65		80		64					
		3	74		98		79					
		เฉลี่ย	74.00		90.00		73.00					

ตารางที่ ข-32 (ต่อ) ความเข้มข้นของเชื้อรา จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสูบบุหรี่

ชั้นที่	รถยนต์ที่มีสูบบุหรี่ (คันที่ 1)				รถยนต์ที่มีสูบบุหรี่ (คันที่ 2)		รถยนต์ที่มีสูบบุหรี่ (คันที่ 3)		\bar{x}	S.D
	ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)	จำนวนโคโลนีของเชื้อรา	ความเข้มข้นของเชื้อรา (CFU/m ³)		
Stage 4	2.1-3.3	1	47	178.83	56	193.43	54	231.14	201.13	26.99
		2	51		42		66			
		3	49		61		70			
		เฉลี่ย	49		53		63.33			
Stage 5	1.1-2.1	1	52	153.28	46	163.02	63	184.91	167.07	16.20
		2	39		37		54			
		3	35		51		35			
		เฉลี่ย	42.00		44.67		50.67			
Stage 6	0.65-1.1	1	42	136.25	39	139.90	60	186.13	154.09	27.8
		2	32		34		52			
		3	38		42		41			
		เฉลี่ย	37.33		38.33		51			

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของเชื้อราคิดเทียบที่อุณหภูมิ 25 °C ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ

ตารางที่ ข-33 ข้อมูลค่าเฉลี่ยอุตุนิยมวิทยา ในระหว่างเก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศภายในรถปรับอากาศ

วันที่เก็บตัวอย่างอากาศ	ประเภทพาหะ	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความกดอากาศ (มิลลิบาร์)
วันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2553	รถโดยสารประจำทางปรับอากาศ สาธารณะ	28.5	80	1011.54
วันที่ 9 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553	รถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะ	29.3	73	1013.46
วันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2553	รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล	29.5	76	1010.32
วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2553	รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข	28.4	63	1011.78

ตารางที่ ข-34 ข้อมูลค่าเฉลี่ยอุตุนิยมวิทยา ในระหว่างเก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศภายนอกรถปรับอากาศ

วันที่เก็บตัวอย่างอากาศ	ประเภทพาหะ	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความกดอากาศ (มิลลิบาร์)
วันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2553	รถโดยสารประจำทางปรับอากาศ สาธารณะ	31.6	66	1013.44
วันที่ 9 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553	รถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะ	32.4	86	1012.01
วันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2553	รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล	30.1	85	1013.97
วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2553	รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข	33.2	81	1007.93



ภาคผนวก ค
การทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี และลำดับนิวคลีโอไทด์ของ
ยีน 16S rDNA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค-1 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรถโดยสารปรับอากาศ 4 ประเภท

ตารางที่ ค-1.1 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517 คันที่ 1

Isolate no.	Physiological		NaCl tolerance ^a							pH tolerance ^b					Nitrate reduction ^c	Starch hydrosis ^d	Catalase ^e
	Shape	Gram	1.5	2	3	4	5	6	7	4	4.5	5	6	8			
B1	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+
B2	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+
B3	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+
B4	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+

ตารางที่ ค-1.2 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517 คันที่ 2

Isolate no.	Physiological		NaCl tolerance ^a							pH tolerance ^b					Nitrate reduction ^c	Starch hydrolysis ^d	Catalase ^e
	Shape	Gram	1.5	2	3	4	5	6	7	4	4.5	5	6	8			
B1	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+
B2	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-
B3	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+
B4	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+

ตารางที่ ค-1.3 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517 คันที่ 3

Isolate no.	Physiological		NaCl tolerance ^a							pH tolerance ^b					Nitrate reduction ^c	Starch hydrolysis ^d	Catalase ^e
	Shape	Gram	1.5	2	3	4	5	6	7	4	4.5	5	6	8			
B1	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+
B2	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-
B3	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+
B4	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+

ตารางที่ ค-1.4 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรณัฐโดยสารปรับอากาศสารละลายกรดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต คั่นที่ 1

Isolate no.	Physiological		NaCl tolerance ^a							pH tolerance ^b					Nitrate reduction ^c	Starch hydrosis ^d	Catalase ^e
	Shape	Gram	1.5	2	3	4	5	6	7	4	4.5	5	6	8			
B1	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+
B2	รูปท่อน เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+
B3	รูปท่อน กระจายตัว	(+)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+
B4	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+

ตารางที่ ค-1.5 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต คันที่ 2

Isolate no.	Physiological		NaCl tolerance ^a							pH tolerance ^b					Nitrate reduction ^c	Starch hydrolysis ^d	Catalase ^e
	Shape	Gram	1.5	2	3	4	5	6	7	4	4.5	5	6	8			
B1	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+
B2	รูปท่อน เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+
B3	รูปท่อน เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+
B4	รูปท่อน กระจายตัว	(+)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+
B5	รูปท่อน กระจายตัว	(+)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+

ตารางที่ ค-1.6 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต คันที่ 3

Isolate no.	Physiological		NaCl tolerance ^a							pH tolerance ^b					Nitrate reduction ^c	Starch hydrolysis ^d	Catalase ^e
	Shape	Gram	1.5	2	3	4	5	6	7	4	4.5	5	6	8			
B1	รูปท่อน เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+
B2	รูปท่อน เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+
B3	รูปท่อน กระจายตัว	(+)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+
B4	รูปท่อน กระจายตัว	(+)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+

ตารางที่ ค-1.7 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรายนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล คันทันที่ 1

Isolate no.	Physiological		NaCl tolerance ^a							pH tolerance ^b					Nitrate reduction ^c	Starch hydrosis ^d	Catalase ^e
	Shape	Gram	1.5	2	3	4	5	6	7	4	4.5	5	6	8			
B1	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
B2	รูปกลม เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-
B3	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+
B4	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+

ตารางที่ ค-1.8 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรายนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล คันทันที่ 2

Isolate no.	Physiological		NaCl tolerance ^a							pH tolerance ^b					Nitrate reduction ^c	Starch hydrosis ^d	Catalase ^e
	Shape	Gram	1.5	2	3	4	5	6	7	4	4.5	5	6	8			
B1	รูปกลม เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-
B2	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+
B3	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+

ตารางที่ ค-1.9 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรายนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล คัดที่ 3

Isolate no.	Physiological		NaCl tolerance ^a							pH tolerance ^b					Nitrate reduction ^c	Starch hydrolysis ^d	Catalase ^e
	Shape	Gram	1.5	2	3	4	5	6	7	4	4.5	5	6	8			
B1	รูปกลม เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-
B2	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+
B3	รูปท่อน กระจายตัว	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-

ตารางที่ ค-1.10 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรายนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข คัดที่ 1

Isolate no.	Physiological		NaCl tolerance ^a							pH tolerance ^b					Nitrate reduction ^c	Starch hydrolysis ^d	Catalase ^e
	Shape	Gram	1.5	2	3	4	5	6	7	4	4.5	5	6	8			
B1	รูปท่อนรี กระจายตัว	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+
B2	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+
B3	รูปท่อน เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+
B4	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+

ตารางที่ ค-1.11 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรายนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข คำนที่ 2

Isolate no.	Physiological		NaCl tolerance ^a							pH tolerance ^b					Nitrate reduction ^c	Starch hydrolysis ^d	Catalase ^e
	Shape	Gram	1.5	2	3	4	5	6	7	4	4.5	5	6	8			
B1	รูปท่อนรี กระจายตัว	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+
B2	รูปท่อน เกะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+
B3	รูปท่อน เกะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+
B4	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+

ตารางที่ ค-1.12 ลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีของรายนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข คำนที่ 3

Isolate no.	Physiological		NaCl tolerance ^a							pH tolerance ^b					Nitrate reduction ^c	Starch hydrolysis ^d	Catalase ^e
	Shape	Gram	1.5	2	3	4	5	6	7	4	4.5	5	6	8			
A1	รูปท่อนรี กระจายตัว	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+
A2	รูปท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย เกาะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+
A3	รูปท่อน เกะกันเป็นกลุ่ม	(+)	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+
A4	รูปท่อนรี กระจายตัว	(+)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+

ภาคผนวก ก-2 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อแบคทีเรียในรถโดยสารปรับอากาศ 4 ประเภท

ภาคผนวก ก-2.1 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ *Bacillus flexus* IFO 15715(T) ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517

TAGAAGCTTGCTTCTATGACGTTAGCGGGCGGACGGGTGAGTAACACGTGGGCAACCTGCCTGTAAGACTGGGATAACTCCGGGAAACCGGAGCTAATACCGGATAACATTTTCTTTGCATAAGAGAA
AATTGAAAGATGGTTTCGGCTATCACTTACAGATGGGCCCGCGGTGCATTAGCTAGTTGGTGAGGTAACGGCTACCAAGGCAACGATGCATAGCCGACCTGAGAGGGTGATCGGCCACACTGGGACT
GAGACACGGCCCAGACTCCTACGGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTTCCGCAATGGACGAAAAGTCTGACGGAGCAACGCCGCTGAGTGATGAAGGCTTTTCGGGTCGTAAAACCTCTGTTGTTAGGGAAG
AACAAAGTACAAGAGTAACTGCTTGTACCTTGACGGTACCTAACAGAAAAGCCACGGCTAACTACGTGCCAGCAGCCGCGGTAATACGTAGGTGGCAAGCGTTATCCGGAATTATTGGGCGTAAAGCGC
GCGCAGGCGGTTTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCCACGGCTCAACCGTGGAGGGTCAATTGGAACTGGGGAACCTTGAGTGCAGAAGAGAAAAGCGGAATCCACGTGTAGCGGTGAAATGCGTAGAG
ATGTGGAGGAACACCAGTGGCGAAGGCGGCTTTTGGTCTGTAAGTACGCTGAGGCGCGAAAGCGTGGGAGCAAAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCACGCCGTAAACGATGAGTGCTAAGTG
TTAGAGGGTTTCCGCCCTTATGCTGCAGCTAACGCATTAAGCACTCCGCTGGGAGTACGGTCGCAAGACTGAAACTCAAAGGAATTGACGGGGGCCCGACAAGCGGTGGAGCATGTGGTTTAA
TTCGAAGCAACCGGAAGAACCTTACCAGGTCTTGACATCCTCTGACAACCTCTAGAGATAGAGCGTTCCCTTCGGGGGACAGAGTGACAGGTGGTGCATGGTTGTCGTCAGCTCGTGTGAGATGTT
GGGTTAAGTCCCGCAACGAGCGCAACCCCTTGATCTTAGTTGCCAGCATTAAAGTTGGGCACTCTAAGGTGACTGCCGGTGACAAACCGGAGGAAGGTGGGGATGACGTCAAATCATCATGCCCTTATG
ACCTGGGCTACACACGTGCTACAATGGATGGTACAAAAGGGCTGCAAGACCGCGAGGTCAAGCCAATCCCATAAAAACCAATTCAGTTCCGGATTGTAGGCTGCAACTCGCCTACATGAAGCTGGAATCG
CTAGTAATCGCGGATCAGCATGCCGCGTGAATACGTTCCC

ภาคผนวก ก-2.2 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ *Bacillus anthracis* ATCC 14578(T) ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517

GAATGGATTAAGAGCTTGCTCTTATGAAGTTAGCGGGCGGACGGGTGAGTAACACGTGGGTAACCTGCCATAAGACTGGGATAACTCCGGGAAACCGGGGCTAATACCGGATAACATTTTGAACCGCA
TGGTTCGAAATTGAAAGGCGGCTTCGGCTGTCACTTATGGATGGACCCGCGTCGCATTAGCTAGTTGGTGAGGTAACGGCTACCAAGGCAACGATGCGTAGCCGACCTGAGAGGGTGATCGGCCACA
CTGGGACTGAGACACGGCCCAGACTCCTACGGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTTCCGCAATGGACGAAAAGTCTGACGGAGCAACGCCGCTGAGTGATGAAGGCTTTTCGGGTCGTAAAACCTCTGTTGTT
AGGGAAGAACAAGTGTAGTTGAATAAGCTGGCACCTTGACGGTACCTAACAGAAAAGCCACGGCTAACTACGTGCCAGCAGCCGCGTAATACGTAGGTGGCAAGCGTTATCCGGAATTATTGGGC
GTAAAGCGCGCAGGTGGTTTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCCACGGCTCAACCGTGGAGGGTCAATTGGAACTGGGAGACTTGAGTGCAGAAGAGGAAAGTGAATCCATGTGTAGCGGTGAAA
TGCGTAGAGATATGGAGGAACACCAGTGGCGAAGGCGACTTTCTGGTCTGTAACCTGACACTGAGGCGCGAAAAGCGTGGGGAGCAAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCACGCCGTAAACGATGAG
TGCTAAGTGTAGAGGGTTTCCGCCCTTATGCTGAAGTTAACGCATTAAGCACTCCGCTGGGGAGTACGGCCGCAAGGCTGAAAACCTCAAAGGAATTGACGGGGGCCCGACAAGCGGTGGAGCAT

GTGGTTTAATTCGAAGCAACGCGAAGAACCTTACCAGGTCTTGACATCCTCTGACAACCCTAGAGATAGGGCTTCTCCTTCGGGAGCAGAGTGACAGGTGGTGCATGGTTGTCGTCAGCTCGTGTCTGTG
AGATGTTGGGTTAAGTCCCACAACGAGCGCAACCCTTGATCTTAGTTGCCATCATTAGTTGGGCACTCTAAGGTGACTGCCGGTGACAAACCGGAGGAAGGTGGGGATGACGTCAAATCATCATGCC
CCTTATGACCTGGGCTACACACGTGCTACAATGGACGGTACAAAGAGCTGCAAGACCGCGAGGTGGAGCTAATCTCATAAAACCGTCTCAGTTCGGATTGTAGGCTGCAACTCGCTACATGAAGCT
GGAATCGCTAGTAATCGCGGATCAGCATGCCGCGGTGAATACGTTCCCGGGCCTTGTACACACCGCCCGTCACACCACGAGA

ภาคผนวก ค-2.3 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ *Bacillus aryabhatai* B8W22(T) ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517

AGAAGCTTGCTTCTATGACGTTAGCGGCGGACGGGTGAGTAACACGTGGGCAACCTGCCTGTAAGACTGGGATAACTTCGGGAAACCGAAGCTAATACCGGATAGGATCTTCTCCTCATGGGAGATG
ATTGAAAGATGGTTTCGGCTATCACTTACAGATGGGCCCGCGGTGCAATTAGCTAGTTGGTGAGGTAACGGCTCACCAAGGCAACGATGCATAGCCGACCTGAGAGGGTGATCGGCCACACTGGGACTG
AGACACGGCCAGACTCCTACGGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTTCCGCAATGGACGAAAAGTCTGACGGAGCAACGCCCGCTGAGTGATGAAGGCTTTCGGGTGCTAAAACTCTGTTGTTAGGGAAGA
ACAAGTACGAGAGTAACTGCTCGTACCTTGACGGTACCTAACAGAAAAGCCACGGCTAACTACGTGCCAGCAGCCGCGGTAATACGTAGGTGGCAAGCGTTATCCGGAATTATTGGGCGTAAAGCGCG
CGCAGGCGGTTTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCACGGCTCAACCGTGGAGGGTCACTGGAAAAGTGGGAACTTGAGTGCAGAAAGAGAAAAGCGGAATCCACGTGTAGCGGTGAAAATGCGTAGAGA
TGTGGAGGAACACCAGTGGCGAAGGCGGCTTTTTGGTCTGTAACGACGCTGAGGCGGAAAAGCGTGGGGAGCAAAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCACGCCGTAACGATGAGTGCTAAGTGT
AGAGGGTTTCCGCCCTTAGTGCTGCAGTAACGCATTAAGCACTCCGCCCTGGGGAGTACGGTTCGCAAGACTGAAACTCAAAGGAATTGACGGGGGCCGACAAGCGGTGGAGCATGTGGTTAATT
CGAAGCAACGCGAAGAACCTTACCAGGTCTTGACATCCTCTGACAACCTTAGAGATAGAGCGTTCCTTCGGGGGACAGAGTGACAGGTGGTGCATGGTTGTCGTCAGCTCGTGTGAGATGTTG
GGTTAAGTCCCACAACGAGCGCAACCCTTGATCTTAGTTGCCAGCATTAGTTGGGCACTCTAAGGTGACTGCCGGTGACAAACCGGAGGAAGGTGGGGATGACGTCAAATCATCATGCCCTTATGA
CCTGGGCTACACACGTGCTACAATGGATGGTACAAAGGGCTGCAAGACCGCGAGGTCAAGCCAATCCATAAAACCATTCAGTTCGGATTGTAGGCTGCAACTCGCTACATGAAGCTGGAATCGC
TAGTAATCGCGGATCAGCATGCCGCGGTGAATACGTTCCCGGGCCTTGTACACAC

**ภาคผนวก ค-2.4 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ *Bacillus anthracis* ATCC 14578(T) ในรถโดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-
หมอชิต**

GAATGGATTAAGAGCTTGCTCTTATGAAGTTAGCGGCGGACGGGTGAGTAACACGTGGGTAACCTGCCATAAGACTGGGATAACTCCGGGAAACCGGGGCTAATACCGGATAACATTTTGAACCGCA
TGGTTCGAAATTGAAAGGCGGCTTCGGCTGTCACTTATGGATGGACCCGCGTCGATTAGCTAGTTGGTGAGGTAACGGCTCACCAAGGCAACGATGCGTAGCCGACCTGAGAGGGTGATCGGCCACA
CTGGGACTGAGACACGGCCAGACTCCTACGGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTTCCGCAATGGACGAAAAGTCTGACGGAGCAACGCCCGCTGAGTGATGAAGGCTTTCGGGTGCTAAAACTCTGTTGTT

AGGGAAGAACAAGTGCTAGTTGAATAAGCTGGCACCTTGACGGTACCTAACCAGAAAGCCACGGCTAACTACGTGCCAGCAGCCGCGTAATACGTAGGTGGCAAGCGTTATCCGGAATTATTGGGC
GTAAAGCGCGCGCAGGTGGTTTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCCACGGCTCAACCGTGGAGGGTCATTGGAACTGGGAGACTTGAGTGCAGAAGAGGAAAGTGGAAATCCATGTGTAGCGGTGAAA
TGCGTAGAGATATGGAGGAACACCAGTGGCGAAGGGCGACTTTCTGGTCTGTAACCTGACACTGAGGCGCGAAAGCGTGGGGAGCAAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCACGCCGTAAACGATGAG
TGCTAAGTGTAGAGGGTTCCGCCCTTTAGTGCTGAAGTTAACGCATTAAGCACTCCGCTGGGGAGTACGGCCGCAAGGCTGAAACTCAAAGGAATTGACGGGGGCCCGCACAAAGCGGTGGAGCAT
GTGGTTTAATTCGAAGCAACGCGAAGAACCTTACCAGGTCTTGACATCCTCTGACAACCCTAGAGATAGGGCTTCTCCTTCGGGAGCAGAGTGACAGGTGGTGCATGGTTGTCGTCAGCTCGTGTCTG
AGATGTTGGGTAAAGTCCCAGAACGAGCGCAACCCCTTGATCTTAGTTGCCATCATTTAGTTGGGCACTCTAAGGTGACTGCCGGTGACAAACCGGAGGAAGGTGGGGATGACGTCAAATCATCATGCC
CCTTATGACCTGGGCTACACACGTGCTACAATGGACGGTACAAAGAGCTGCAAGACCGGAGGTGGAGCTAATCTCATAAAACCGTTCTCAGTTCGGATTGTAGGCTGCAACTCGCCTACATGAAGCT
GGAATCGCTAGTAATCGCGGATCAGCATGCCGCGGTGAATACGTTCCCGGGCCTGTACACACCGCCCGTCACACCACGAGA

**ภาคผนวก ก-2.5 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ *Bacillus aryabhatai* B8W22(T) ในรถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-
หมอชิต**

AGAAGCTTGCTTCTATGACGTTAGCGGCGGACGGGTGAGTAACACGTGGGCAACCTGCCTGTAAGACTGGGATAACTTCGGGAAACCGAAGCTAATACCGGATAGGATCTTCTCCTTCATGGGAGATG
ATTGAAAGATGGTTTCGGCTATCACTTACAGATGGGCGCGGTGCATTAGCTAGTTGGTGAGGTAACGGCTCACCAAGGCAACGATGCATAGCCGACCTGAGAGGGTGATCGGCCACACTGGGACTG
AGACACGGCCAGACTCCTACGGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTTCGCAATGGACGAAAGTCTGACGGAGCAACGCCGCGTGAGTGATGAAGGCTTTCGGGTCGTA AAACTCTGTTGTTAGGGAAGA
ACAAGTACGAGAGTAACTGCTCGTACCTTGACGGTACCTAACCAGAAAGCCACGGCTAACTACGTGCCAGCAGCCGCGGTAATACGTAGGTGGCAAGCGTTATCCGGAATTATTGGGCGTAAAGCGCG
CGCAGGCGGTTTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCCACGGCTCAACCGTGGAGGGTCATTGGAACTGGGGAACCTTGAGTGCAGAAGAGAAAAGCGGAATTCACGTGTAGCGGTGAAATGCGTAGAGA
TGTGGAGGAACACCAGTGGCGAAGGCGGCTTTTTGGTCTGTAACCTGACGCTGAGGCGCGAAAGCGTGGGGAGCAAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCACGCCGTAAACGATGAGTGCTAAGTGT
AGAGGGTTTCCGCCCTTTAGTGCTGCAGCTAACGCATTAAGCACTCCGCTGGGGAGTACGGTCGCAAGACTGAAACTCAAAGGAATTGACGGGGGCCCGCACAAAGCGGTGGAGCATGTGGTTAATT
CGAAGCAACGCGAAGAACCTTACCAGGTCTTGACATCCTCTGACAACCTAGAGATAGAGCGTTCCTTCGGGGACAGAGTGACAGGTGGTGCATGGTTGTCGTCAGCTCGTGTCTGAGATGTTG
GGTTAAGTCCCAGAACGAGCGCAACCCCTTGATCTTAGTTGCCAGCATTAGTTGGGCACTCTAAGGTGACTGCCGGTGACAAACCGGAGGAAGGTGGGGATGACGTCAAATCATCATGCCCTTATGA
CCTGGGCTACACACGTGCTACAATGGATGGTACAAAGGGCTGCAAGACCGGAGGTCAAGCCAATCCATAAAACCATTTCTCAGTTCGGATTGTAGGCTGCAACTCGCCTACATGAAGCTGGAATCGC
TAGTAATCGCGGATCAGCATGCCGCGGTGAATACGTTCCCGGGCCTGTACACAC

ภาคผนวก ค-2.6 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ *Bacillus endophyticus* 2DT(T) ในรณต์โดยสารปรับอากาศสาธาณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-

หมอชิต

CGGGCGGACGGGTGAGTAACACGTGGGCAACCTGCCCTTGAGACGGGGATAACTCCGGGAAACCGGAGCTAATACCGGATAACACATATCTTCGCATGAGGATATGTTAGAAGGTGGCTTTTAGCTAC
CACTCAAGGATGGGCCCCGGGCGCATTAGCTAGTTGGTGAGGTAACGGCTCACCAAGGCGACGATGCGTAGCCGACCTGAGAGGGTGATCGGCCACACTGGGACTGAGACACGGCCCAGACTCCTAC
GGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTCCGCAATGGACGAAAGTCTGACGGAGCAACGCCGCTGAGTGATGAAGGTTTTCCGATCGTAAAGCTCTGTTGTTAGGGAAGAACAAGTACCTGTTGAATAAGC
AGGTACCTTGACGGTACCTAACCCAGAAAGCCACGGCTAACTACGTGCCAGCAGCCGCGGTAATACGTAGGTGGCAAGCGTTGTCCGGAATTATTGGGCGTAAAGCGCGCGCAGGGCGTTCCCTAAGTC
TGATGTGAAAGCCCACGGCTCAACCGTGGAGGGTCATTGAAAAGTGGGAACTTGAAGTGCAGAAAGAGGAGAGCGGAAATCCACGTGTAGCGGTGAAATGCGTAGAGATGTGGAGGAACACCAGTGGC
GAAGGCGGCTCTCTGGTCTGTAAGTACGCTGAGGCGCGAAAGCGTGGGGAGCGAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCACGCCGTAACGATGAGTGCTAAGTGTAGAGGGTTCCGCCCTTAG
TGCTGCAGCAAACGCATTAAGCACTCCGCCCTGGGAGTACGGTCGCAAGACTGAACTCAAAGGAATTGACGGGGACCCGCACAAGCGGTGGAGCATGTGGTTTAATTCGAAGCAACGCGAAGAACC
TTACCAGGTCTTGACATCCTCTGCTACTTCTAGAGATAGAAGGTTCCCTTCGGGGACAGAGTGACAGGTGGTGCATGGTTGTCTGTCAGCTCGTGTCTGAGATGTTGGGTTAAGTCCCAGCAACGAGCGC
AACCCCTGATCTTAGTTGCCAGCATTAGTTGGGCACTCTAAGGTGACTGCCGGTGACAAAACCGGAGGAAGGTGGGGATGACGTCAAATCATCATGCCCTTATGACCTGGGCTACACACGTGCTACAA
TGGATGGTACAAAGGGCTGCAAAACCGTGAGGTCGAGCCAATCCATAAAACCAATTCTCAGTTCGGATTGTAGGCTGCAACTCGCCTACATGAAGCCGGAATCGCTAGTAATCGCGGATCAGC

ภาคผนวก ค-2.7 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ *Bacillus marisflavi* TF-11(T) ในรณต์โดยสารปรับอากาศสาธาณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-

หมอชิต

GATCGATGGGAGCTTGCTCCCTGAGATCAGCGGCGGACGGGTGAGTAACACGTGGGTAACCTGCCTGTAAGACTGGGATAACTCCGGGAAACCGGGGCTAATACCGGATAACACCTACCCCCGCATGG
GGAAAGGTTGAAAGGTGGCTTCGGCTATCACTTACAGATGGACCCGCGGCGCATTAGCTAGTTGGTGAGGTAATGGGTCACCAAGGCGACGATGCGTAGCCGACCTGAGAGGGTGATCGGCCACACTG
GGACTGAGACACGGCCCAGACTCCTACGGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTCCGCAATGGACGAAAGTCTGACGGAGCAACGCCGCTGAGTGAAGAAGGTTTTCGGATCGTAAACTCTGTTGTTAG
GGAAGAACAAGTGCCGTTGCAATAGGGCGGCGCCTTGACGGTACCTAACCCAGAAAGCCACGGCTAACTACGTGCCAGCAGCCGCGGTAATACGTAGGTGGCAAGCGTTGTCCGGAATTATTGGGCGT
AAAGCGCGCGCAGGTGGTTTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCACGGCTCAACCGTGGAGGGTCATTGGAAAAGTGGGAACTTGAAGTGCAGAAAGAGGAAAGTGAATTCCTAAGTGTAGCGGTGAAATG
CGTAGATATTGGAGGAACACCAGTGGCGAAGGCGACTTTCTGGTCTGTAAGTACACTGAGGCGCGAAAGCGTGGGGAGCAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCACGCCGTAACGATGAGTG
CTAAGTGTAGAGGGTTCCGCCCTTAGTGCTGCAGCTAACGCATTAAGCACTCCGCCCTGGGAGTACGGTTCGCAAGACTGAAACTCAAAGGAATTGACGGGGGCCGCACAAGCGGTGGAGCATGT
GGTTTAATTCGAAGCAACGCGAAGAACCCTACCAGGTCTTGACATCCTCTGACAACCCTAGAGATAGGGCTTCCCTTCGGGGGACAGAGTGACAGGTGGTGCATGGTTGTCTGTCAGCTCGTGTCTG
AGATGTTGGGTTAAGTCCCAGCAACGAGCGCAACCCTTGATCTTAGTTGCCAGCATTAGTTGGGCACTCTAAGTACTGCCGGTGACAAAACCGGAGGAAGGTGGGGATGACGTCAAATCATCATGCC

CCTTATGACCTGGGCTACACACGTGCTACAATGGACGGTACAAAGGGCTGCAAGACCGCGAGGTTTAGCCAATCCCATAAAACCGTTCTCAGTTCGGATTGTAGGCTGCAACTCGCCTACATGAAGCTG
GAATCGCTAGTAATCGCGGATCAGCATGCCGCGGTGAATAC

ภาคผนวก ค-2.8 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ *Bacillus marisflavi* TF-11(T) ในรายนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

GATCGATGGGAGCTTGCTCCCTGAGATCAGCGGCGGACGGGTGAGTAACACGTGGGTAACCTGCCTGTAAGACTGGGATAACTCCGGGAAACCGGGGCTAATACCGGATAACACCTACCCCGCATGG
GGGAAGGTTGAAAAGTGGCTTCGGCTATCACTTACAGATGGACCCGCGGCGCATTAGCTAGTTGGTGAGGTAATGGCTCACCAAGGCGACGATGCGTAGCCGACCTGAGAGGGTGATCGGCCACACTG
GGACTGAGACACGGCCCAGACTCCTACGGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTTCCGCAATGGACGAAAGTCTGACGGAGCAACGCCGCGTGAGTGAAGAAGTTTTCCGGATCGTAAAACTCTGTTGTTAG
GGAAGAACAAGTGCCGTTTCAATAGGGCGGCGCTTGACGGTACCTAACCAGAAAGCCACGGCTAACTACGTGCCAGCAGCCGCGGTAATACGTAGGTGGCAAGCGTTGTCCGGAATTATTGGGCGT
AAAGCGCGCGCAGGTGGTTTTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCACGGCTCAACCGTGGAGGGTCATTGGAAACTGGGGAACCTGAGTGCAGAAGAGGAAAGTGAATTCCAAGTGTAGCGGTGAAATG
CGTAGATAATTTGGAGGAACACCAGTGGCGAAGGCGACTTTCTGGTCTGTAACCTGACACTGAGGGCGGAAAGCGTGGGGAGCAAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCACGCCGTAACCGATGAGTG
CTAAGTGTAGAGGGTTTTCCGCCCTTAGTGCTGCAGCTAACGCATTAAGCACTCCGCCCTGGGGAGTACGGTCGCAAGACTGAAACTCAAAGGAATTGACGGGGGCCGACAAGCGGTGGAGCATGT
GGTTAATTCGAAGCAACGCGAAGAACCCTACCAGTCTTGACATCCTCTGACAACCCTAGAGATAGGGCTTTCCCTTCGGGGGACAGAGTGACAGGTGGTGCATGGTTGTCGTCAGCTCGTGTCTGTG
AGATGTTGGGTTAAGTCCCGCAACGAGCGCAACCCCTTGATCTTAGTTGCCAGCATTACAGTTGGGCACTCTAAGATGACTGCCGGTGACAAACCGGAGGAAGGTGGGGATGACGTCAAATCATCATGCC
CCTTATGACCTGGGCTACACACGTGCTACAATGGACGGTACAAAGGGCTGCAAGACCGCGAGGTTTAGCCAATCCCATAAAACCGTTCTCAGTTCGGATTGTAGGCTGCAACTCGCCTACATGAAGCTG
GAATCGCTAGTAATCGCGGATCAGCATGCCGCGGTGAATAC

ภาคผนวก ค-2.9 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ *Staphylococcus cohnii* subsp. *urealyticus* ATCC 49330(T) ในรายนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

GCGAACAGATAAGGAGCTTGCTCCTTTGACGTTAGCGGCGGACGGGTGAGTAACACGTGGGTAACCTACCTATAAGACTGGAATAACTCCGGGAAACCGGGGCTAATGCCGGATAACATTTAGAACCG
CATGGTTCTAAAGTAAAAGATGGTTTTGCTATCACTTATAGATGGACCCGCGCGTATTAGCTAGTTGGTAAGGTAACGGCTTACCAAGGCAACGATACGTAGCCGACCTGAGAGGGTGATCGGCCAC
ACTGGAACCTGAGACACGGTCCAGACTCCTACGGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTTCCGCAATGGGCGAAAAGCCTGACGGAGCAACGCCGCGTGAGTGTGAAGGTCTTCGGATCGTAAAACTCTGTTAT
TAGGGAAGAACAATGTGTAAGTAACTGTGCACGCTTTGACGGTACCTAATCAGAAAGCCACGGCTAACTACGTGCCAGCAGCCGCGGTAATACGTAGGTGGCAAGCGTTATCCGGAATTATTGGGCG
TAAAGCGCGCTAGGCGGTTTTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCCACGGCTCAACCGTGGAGGGTCATTGGAAACTGGGAAACTGAGTGCAGAAGAGGAAAGTGAATTCCATGTGTAGCGGTGAAAT
GCCGAGAGATATGGAGGAACACCAGTGGCGAAGGCGACTTTCTGGTCTGTAACCTGACGCTGATGTGCGAAAGCGTGGGGATCAAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCACGCCGTAACCGATGAGT
GCTAAGTGTAGGGGGTTTTCCGCCCTTAGTGCTGCAGCTAACGCATTAAGCACTCCGCCCTGGGGAGTACGACCGCAAGGTTGAAACTCAAAGGAATTGACGGGGACCCGACAAGCGGTGGAGCATG

TGGTTTAATTCGAAGCAACGCGAAGAACCTTACCAAATCTTGACATCCTTTGACAACTCTAGAGATAGAGCCTTCCCCTTCGGGGGACAAAAGTGACAGGTGGTGCATGGTTGTCGTCAGCTCGTGCCTG
GAGATGTTGGGTTAAGTCCCGCAACGAGCGCAACCCCTTAAGCTTAGTTGCCAGCATTAAAGTTGGGCACTCTAAGTTGACTGCCGGTGACAAAACCGGAGGAAGGTGGGGATGACGTCAAATCATCATGC
CCCTTATGATTTGGGCTACACACGTGCTACAATGGACAATACAAAGGGCAGCTAAAACCGCGAGGTCATGCAAATCCCATAAAAGTTGTTCTCAGTTCGGATTGTAGTCTGCAACTCGACTACATGAAGCT
GGAATCGCTAGTAATCGTAGATCAGCATGCTACGGTGAATACGTTCCCGGGTCTTGACACACCGCCCGTCACACCACGAGAGTTTGTAAACCCGAAGCCGGTGGAGTAACCATTTATGGAGCTAGCC
GT

ภาคผนวก ก-2.10 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ *Bacillus aryabhatai* B8W22(T) ในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

AGAAGCTTGCTTCTATGACGTTAGCGGCGGACGGGTGAGTAACACGTGGGCAACCTGCCTGTAAGACTGGGATAAATTTCGGGAAACCGAAGCTAATACCGGATAGGATCTTCTCCTTCATGGGAGATG
ATTGAAAGATGGTTTCGGCTATCACTTACAGATGGGCCCCGCGGTGCATTAGCTAGTTGGTGAGGTAACGGCTACCAAGGCAACGATGCATAGCCGACCTGAGAGGGTGATCGGCCACACTGGGACTG
AGACACGGCCAGACTCCTACGGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTTCCGCAATGGACGAAAGTCTGACGGAGCAACGCCGCGTGAGTGATGAAGGCTTTCGGGTCGTAATAACTCTGTTGTTAGGGAAGA
ACAAGTACGAGAGTAACGCTCGTACCTTGACGGTACCTAACCCAGAAAGCCACGGCTAACTACGTGCCAGCAGCCGCGGTAATACGTAGGTGGCAAGCGTTATCCGGAATTATTGGGCGTAAAGCGCG
CGCAGGCGGTTTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCCACGGCTCAACCGTGGAGGGTCAATTGGAAACTGGGAACTTGAGTGCAGAAGAGAAAAGCGGAATTCCACGTGTAGCGGTGAAATGCGTAGAGA
TGTGGAGGAACACCAGTGGCGAAGGCGGCTTTTTGGTCTGTAACCTGACGCTGAGGCGCGAAAGCGTGGGGAGCAAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCACGCCGTAACCGATGAGTGCTAAGTGT
AGAGGGTTTCGGCCCTTTAGTGCTGCAGCTAACGCAITTAAGCACTCCGCTGGGGAGTACGGTCGCAAGACTGAAACTCAAAGGAATTGACGGGGCCCGCACAAGCGGTGGAGCATGTGGTTAATT
CGAAGCAACGCGAAGAACCTTACCAGGTCTTGACATCCTCTGACAACTCTAGAGATAGAGCCTTCCCCTTCGGGGGACAGAGTGACAGGTGGTGCATGGTTGTCGTCAGCTCGTGCCTGAGATGTTG
GGTTAAGTCCCGCAACGAGCGCAACCCCTTGATCTTAGTTGCCAGCATTAGTTGGGCACTCTAAGGTGACTGCCGGTGACAAAACCGGAGGAAGGTGGGGATGACGTCAAATCATCATGCCCTTATGA
CCTGGGCTACACACGTGCTACAATGGATGGTACAAAGGGCTGCAAGACCGCGAGGTCAGCAATCCCATAAAACCATTCTCAGTTCGGATTGTAGGCTGCAACTCGCCTACATGAAGCTGGAATCGC
TAGTAATCGCGGATCAGCATGCCGCGGTGAATACGTTCCCGGGCCTTGACACAC

ภาคผนวก ก-2.11 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ *Bacillus altitudinis* 41KF2b(T) ในรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข

GCTTGCTCCCGGATGTTAGCGGCGGACGGGTGAGTAACACGTGGGTAACCTGCCTGTAAGACTGGGATAACTCCGGGAAACCGGAGCTAATACCGGATAGTTCTTGAACCGCATGGTTCAAGGATGA
AAGACGGTTTCGGCTGCTCACTTACAGATGGACCCGCGGCGCATTAGCTAGTTGGTGAGGTAACGGCTACCAAGGCGACGATGCGTAGCCGACCTGAGAGGGTGATCGGCCACACTGGGACTGAGACA
CGGCCAGACTCCTACGGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTTCCGCAATGGACGAAAGTCTGACGGAGCAACGCCGCGTGAGTGATGAAGGTTTTCGGATCGTAAAGCTCTGTTGTTAGGGAAGAAACAAG
TGCAAGAGTAACTGCTTGCACCTTGACGGTACCTAACCCAGAAAGCCACGGCTAACTACGTGCCAGCAGCCGCGGTAATACGTAGGTGGCAAGCGTTGTCCGGAATTATTGGGCGTAAAGGGCTCGCAG

GCGGTTTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCCCGGCTCAACCGGGGAGGGTCATTGGAACTGGGAACTTGAGTGCAGAAGAGGAGAGTGGAATCCACGTGTAGCGGTGAAATGCGTAGAGATGTGG
AGGAACACCAGTGGCGAAGGCGACTCTCTGGTCTGTAAGTACGCTGAGGAGCGAAAGCGTGGGGAGCGAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCACGCCGTAAACGATGAGTGCTAAGTGTAGGG
GGTTTCCGCCCTTAGTGCTGCAGCTAACGCATTAAGCACTCCGCCTGGGGAGTACGGTCGCAAGACTGAAACTCAAAGGAATTGACGGGGGCCCGCACAAGCGGTGGAGCATGTGGTTAATTCGAA
GCAACGCGAAGAACCTTACCAGGTCTTGACATCCTCTGACAAACCTAGAGATAGGGCTTTCCTTCGGGGACAGAGTGACAGGTGGTGCATGGTTGTCGTCAGCTCGTGTGAGATGTTGGGTTAAG
TCCCGCAACGAGCGCAACCTTGATCTTAGTTGCCAGCATTAGTTGGGCACTTAAGGTGACTGCCGGTGACAAACCGGAGGAAGGTGGGGATGACGTCAAATCATCATGCCCTTATGACCTGGGCT
ACACACGTGCTACAATGGACAGAACAAAGGGCTGCGAGACCGCAAGGTTAGCCAATCCCACAAATCTGTCTCAGTTCGGATCGCAGTCTGCAACTCGACTGCGTGAAGCTGGAATCGCTAGTAATC
GCGGATCAGCATGCCGCGGTGAATACGTTCCCGGGCCTTGTACACACCGCCGTCACACCACGAGAGTTTGCAACACCCGAAGTCGGTGAGGTAACCTTTATGGAGCCAGCCGCCGAAG

ภาคผนวก ก-2.12 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ *Bacillus aryabhatai* B8W22(T) ในรอยนต๋ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข

AGAAGCTTGCTTCTATGACGTTAGCGGCGGACGGGTGAGTAACACGTGGGCAACCTGCCTGTAAGACTGGGATAACTTCGGGAAACCGAAGCTAATACCGGATAGGATCTTCTCCTTCATGGGAGATG
ATTGAAAGATGGTTTCGGCTATCACTTACAGATGGGCCCGCGGTGCATTAGCTAGTTGGTGAGGTAACGGCTACCAAGGCAACGATGCATAGCCGACCTGAGAGGGTGATCGGCCACACTGGGACTG
AGACACGGCCCAGACTCCTACGGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTCCGCAATGGACGAAAGTCTGACGGAGCAACGCCGCGTGAGTGATGAAGGCTTTCGGGTCGTAACACTCTGTTGTTAGGGAAGA
ACAAGTACGAGAGTAACTGCTCGTACCTTGACGGTACCTAACAGAAAACCGGCTAACTACGTGCCAGCAGCCGCGTAATACGTAGGTGGCAAGCGTTATCCGGAATTATTGGGCGTAAAGCGCG
CGCAGGCGGTTTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCACGGCTCAACCGTGGAGGGTCATTGGAACTGGGGAACCTTGAGTGCAGAAGAGAAAAGCGGAATTCCACGTGTAGCGGTGAAATGCGTAGAGA
TGTGGAGGAACACCAGTGGCGAAGGCGGCTTTTGGTCTGTAAGTACGCTGAGGCGCGAAAGCGTGGGGAGCAAAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCACGCCGTAAACGATGAGTGCTAAGTGT
AGAGGGTTTCCGCCCTTAGTGCTGCAGCTAACGCATTAAGCACTCCGCCTGGGGAGTACGGTCGCAAGACTGAAACTCAAAGGAATTGACGGGGGCCCGCACAAGCGGTGGAGCATGTGGTTAATT
CGAAGCAACGCGAAGAACCTTACCAGGTCTTGACATCCTCTGACAACTCTAGAGATAGAGCGTTCCTTCGGGGACAGAGTGACAGGTGGTGCATGGTTGTCGTCAGCTCGTGTGAGATGTTG
GGTTAAGTCCCGCAACGAGCGCAACCTTGATCTTAGTTGCCAGCATTAGTTGGGCACTTAAGGTGACTGCCGGTGACAAACCGGAGGAAGGTGGGGATGACGTCAAATCATCATGCCCTTATGA
CCTGGGCTACACACGTGCTACAATGGATGGTACAAAGGGCTGCAAGACCGCGAGGTCAAGCCAATCCCATAAAACCACTTCTCAGTTCGGATTGTAGGCTGCAACTCGCCTACATGAAGCTGGAATCGC
TAGTAATCGCGGATCAGCATGCCGCGGTGAATACGTTCCCGGCCTTGTACACAC

ภาคผนวก ก-2.13 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ *Bacillus aryabhatai* B8W22(T) ในรอยนต๋ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข

AGAAGCTTGCTTCTATGACGTTAGCGGCGGACGGGTGAGTAACACGTGGGCAACCTGCCTGTAAGACTGGGATAACTTCGGGAAACCGAAGCTAATACCGGATAGGATCTTCTCCTTCATGGGAGATG
ATTGAAAGATGGTTTCGGCTATCACTTACAGATGGGCCCGCGGTGCATTAGCTAGTTGGTGAGGTAACGGCTACCAAGGCAACGATGCATAGCCGACCTGAGAGGGTGATCGGCCACACTGGGACTG

AGACACGGCCCAGACTCCTACGGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTTCCGCAATGGACGAAAGTCTGACGGAGCAACGCCGCGTGAGTGATGAAGGCTTTCGGGTCGTAAAACTCTGTTGTTAGGGAAGA
ACAAGTACGAGAGTAACTGCTCGTACCTTGACGGTACCTAACCCAGAAAGCCACGGCTAACTACGTGCCAGCAGCCGCGGTAATACGTAGGTGGCAAGCGTTATCCGGAATTATTGGGCGTAAAGCGCG
CGCAGGCGGTTTTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCACGGCTCAACCGTGGAGGGTCAATTGGAAACTGGGGAACCTTGAGTGCAGAAGAGAAAAAGCGGAATCCACGTGTAGCGGTGAAATGCGTAGAGA
TGTGGAGGAAACACCAGTGGCGAAGGCGGCTTTTTGGTCTGTAACAGCTGAGGCGCGAAAGCGTGGGAGCAAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCACGCCGTAAACGATGAGTGCTAAGTGT
AGAGGGTTTCCGCCCTTAGTGCTGCAGCTAACGCATTAAGCACTCCGCCTGGGGAGTACGGTCGCAAGACTGAAACTCAAAGGAATTGACGGGGGCCCGCACAAGCGGTGGAGCATGTGGTTTAATT
CGAAGCAACCGAAGAACCTTACCAGGTCTTGACATCCTCTGACAACTCTAGAGATAGAGCGTTCCCTTCGGGGGACAGAGTGACAGGTGGTGCATGGTTGTCGTCAGCTCGTGTGAGATGTTG
GGTTAAGTCCCGCAACGAGCGCAACCCCTTGATCTTAGTTGCCAGCATTTAGTTGGGCACTCTAAGGTGACTGCCGGTGACAAACCGGAGGAAGGTGGGGATGACGTCAAATCATCATGCCCTTATGA
CCTGGGCTACACACGTGCTACAATGGATGGTACAAAGGGCTGCAAGACCGCGAGGTCAAGCCAATCCCATAAAACCATTTCTCAGTTCGGATTGTAGGCTGCAACTCGCCTACATGAAGCTGGAATCGC
TAGTAATCGCGGATCAGCATGCCGCGGTGAATACGTTCCCGGGCCTTGACACAC

ภาคผนวก ก-2.14 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA ของเชื้อ *Bacillus anthracis* ATCC 14578(T) ในรอยานต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข

GAATGGATTAAGAGCTTGCTCTTATGAAGTTAGCGGCGGACGGGTGAGTAACACGTGGGTAACCTGCCATAAGACTGGGATAACTCCGGGAAACCGGGGCTAATACCGGATAACATTTGAACCGCA
TGGTTCGAAATTGAAAGGCGGCTTCGGCTGTCACTTATGGATGGACCCGCGTCGCATTAGCTAGTTGGTGAGGTAACGGCTCACCAAGGCAACGATGCGTAGCCGACCTGAGAGGGTGATCGGCCACA
CTGGGACTGAGACACGGCCAGACTCCTACGGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTTCCGCAATGGACGAAAGTCTGACGGAGCAACGCCGCGTGAGTGATGAAGGCTTTCGGGTCGTAAAACTCTGTTGTT
AGGGAAGAACAAGTGCTAGTTGAATAAGCTGGCACCTTGACGGTACCTAACCCAGAAAGCCACGGCTAACTACGTGCCAGCAGCCGCGGTAATACGTAGGTGGCAAGCGTTATCCGGAATTATTGGGC
GTAAAGCGCGCAGGTGGTTTTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCACGGCTCAACCGTGGAGGGTCAATTGGAAACTGGGAGACTTGAGTGCAGAAGAGGAAAGTGGAATCCATGTGTAGCGGTGAAA
TGCGTAGAGATATGGAGGAACACCAGTGGCGAAGGCGACTTCTGGTCTGTAACAGCTGAGGCGCGAAAGCGTGGGAGCAAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCACGCCGTAAACGATGAG
TGCTAAGTGTTAGAGGGTTTCCGCCCTTAGTGCTGAAGTTAACGCATTAAGCACTCCGCCTGGGGAGTACGGCCGCAAGGCTGAAACTCAAAGGAATTGACGGGGGCCCGCACAAGCGGTGGAGCAT
GTGGTTAATTCGAAGCAACCGAAGAACCTTACCAGGTCTTGACATCCTCTGACAACTAGAGATAGGGCTTCTCCTTCGGGAGCAGAGTGACAGGTGGTGCATGGTTGTCGTCAGCTCGTGTGAG
AGATGTTGGGTTAAGTCCCGCAACGAGCGCAACCCCTTGATCTTAGTTGCCATCATTTAGTTGGGCACTCTAAGGTGACTGCCGGTGACAAACCGGAGGAAGGTGGGGATGACGTCAAATCATCATGCC
CCTTATGACCTGGGCTACACACGTGCTACAATGGACGGTACAAAGAGCTGCAAGACCGCGAGGTGGAGCTAATCTATAAAAACCGTTCTCAGTTCGGATTGTAGGCTGCAACTCGCCTACATGAAGCT
GGAATCGCTAGTAATCGCGGATCAGCATGCCGCGGTGAATACGTTCCCGGGCCTTGACACACCGCCCGTCACACCACGAGA

ภาคผนวก ค-3 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราของรณโดยสารปรับอากาศ 4 ประเภท

ตารางที่ ค-3.1 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราของรณโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517
ครั้งที่ 1

Isolate no.	Physiological
A1	ลักษณะโคโลนีสีดำ ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น พู เส้นใยมีผนังกัน
A2	ลักษณะโคโลนีสีชมพูเหมือนครีม ไม่มีเส้นใย รูปร่างกลม
A3	ลักษณะโคโลนีสีดำ, เทียวเข้ม ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ไม่ฟู เส้นใยไม่มีผนังกัน

ตารางที่ ค-3.2 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราของรณโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517
ครั้งที่ 2

Isolate no.	Physiological
A1	ลักษณะโคโลนีสีดำ ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น พู เส้นใยมีผนังกัน
A2	ลักษณะโคโลนีสีดำ, น้ำตาลเข้ม ลักษณะของเส้นใยอยู่กันไม่หนาแน่น เส้นใยมีผนังกัน

ตารางที่ ค-3.3 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราของรณโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517
ครั้งที่ 3

Isolate no.	Physiological
A1	ลักษณะโคโลนีสีดำ ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น พู เส้นใยมีผนังกัน
A2	ลักษณะโคโลนีสีดำ, น้ำตาลเข้ม ลักษณะของเส้นใยอยู่กันไม่หนาแน่น เส้นใยมีผนังกัน
A3	ลักษณะโคโลนีสีดำ, เทียวเข้ม ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ไม่ฟู เส้นใยไม่มีผนังกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-3.4 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราของรตุ้โดยสารปรับอากาศสาธาณะสายลาดกระบัง-
อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต คันที่ 1

Isolate no.	Physiological
A1	ลักษณะ โคล โคนี้มีสีดำ, เจียวเข้ม ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ไม่ฟู เส้นใยไม่มีผนังกัน
A2	ลักษณะ โคล โคนี้มีสีดำ ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ไม่ฟู มีสีดำอยู่ตรงกลาง ส่วนรอบๆมีเส้นใยสีขาว เส้นใยไม่มีผนังกัน
A3	ลักษณะ โคล โคนี้มีสีน้ำตาล ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ฟู เส้นใยไม่มีผนังกัน

ตารางที่ ค-3.5 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราของรตุ้โดยสารปรับอากาศสาธาณะสายลาดกระบัง-
อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต คันที่ 2

Isolate no.	Physiological
A1	ลักษณะ โคล โคนี้มีสีชมพูเหมือนครีม ไม่มีเส้นใย รูปร่างกลม
A2	ลักษณะ โคล โคนี้มีสีดำ, เจียวเข้ม ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ไม่ฟู เส้นใยไม่มีผนังกัน

ตารางที่ ค-3.6 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราของรตุ้โดยสารปรับอากาศสาธาณะสายลาดกระบัง-
อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต คันที่ 3

Isolate no.	Physiological
A1	ลักษณะ โคล โคนี้มีสีดำ ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ไม่ฟู มีสีดำอยู่ตรงกลาง ส่วนรอบๆมีเส้นใยสีขาว เส้นใยไม่มีผนังกัน
A2	ลักษณะ โคล โคนี้มีสีดำ, เจียวเข้ม ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ไม่ฟู เส้นใยไม่มีผนังกัน

ตารางที่ ค-3.7 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราของรตนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล คันที่ 1

Isolate no.	Physiological
A1	ลักษณะ โคล โคนี้มีสีดำ, น้ำตาลเข้ม ลักษณะของเส้นใยอยู่กันไม่หนาแน่น เส้นใยมีผนังกัน
A2	ลักษณะ โคล โคนี้มีสีขาว ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ฟู เส้นใยไม่มีผนังกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-3.8 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราของรายนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล คั้นที่ 2

A1	ลักษณะโคโลนีสีน้ำตาล ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ฟู เส้นใยไม่มีผนังกัน
A2	ลักษณะโคโลนีสีขาว ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ฟู เส้นใยไม่มีผนังกัน

ตารางที่ ค-3.9 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราของรายนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล คั้นที่ 3

Isolate no.	Physiological
A1	ลักษณะโคโลนีสีสีดำ, น้ำตาลเข้ม ลักษณะของเส้นใยอยู่กันไม่หนาแน่น เส้นใยมีผนังกัน

ตารางที่ ค-3.10 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราของรายนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข คั้นที่ 1

Isolate no.	Physiological
A1	ลักษณะโคโลนีสีสีดำ ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ฟู เส้นใยมีผนังกัน
A2	ลักษณะโคโลนีสีสีดำ, เขียวเข้ม ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ไม่ฟู เส้นใยไม่มีผนังกัน
A3	ลักษณะโคโลนีสีน้ำตาล ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ฟู เส้นใยไม่มีผนังกัน

ตารางที่ ค-3.11 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราของรายนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข คั้นที่ 2

Isolate no.	Physiological
A1	ลักษณะโคโลนีสีสีดำ, เขียวเข้ม ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ไม่ฟู เส้นใยไม่มีผนังกัน
A2	ลักษณะโคโลนีสีน้ำตาล ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ฟู เส้นใยไม่มีผนังกัน
A3	ลักษณะโคโลนีสีสีดำ, น้ำตาลเข้ม ลักษณะของเส้นใยอยู่กันไม่หนาแน่น เส้นใยมีผนังกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-3.12 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราของรถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข คันที่ 3

Isolate no.	Physiological
A1	ลักษณะโคโลนีมีสีดำ ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ฟู เส้นใยมีผนังกัน
A2	ลักษณะโคโลนีมีสีดำ, เจียวเข้ม ลักษณะของเส้นใยอยู่กันหนาแน่น ไม่ฟู เส้นใยไม่มีผนังกัน
A3	ลักษณะโคโลนีมีสีดำ, น้ำตาลเข้ม ลักษณะของเส้นใยอยู่กันไม่หนาแน่น เส้นใยมีผนังกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง
ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลทางสถิติของเชื้อแบคทีเรียภายในและภายนอกกรดปรับอากาศทั้ง 4 ประเภท

General Linear Model: c versus a, b, d			
Factor	Type	Levels	Values
a	fixed	4	1, 2, 3, 4
b	fixed	6	1, 2, 3, 4, 5, 6
d	fixed	2	1, 2

Analysis of Variance for c, using Adjusted SS for Tests						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
a	3	251013	255369	85123	56.15	0.000
b	5	324449	319931	63986	42.21	0.000
d	1	1992564	1975656	1975656	1303.30	0.000
a*b	15	260456	257011	17134	11.30	0.000
a*d	3	268838	266159	88720	58.53	0.000
b*d	5	124330	124254	24851	16.39	0.000
a*b*d	15	264856	264856	17657	11.65	0.000
Error	95	144010	144010	1516		
Total	142	3630515				

$$S = 38.9345 \quad R\text{-Sq} = 96.03 \% \quad R\text{-Sq}(\text{adj}) = 94.07 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-2 ข้อมูลทางสถิติของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 6 ชนิด ภายในรถปรับอากาศทั้ง 4 ประเภท

Tukey Simultaneous Tests

Response Variable c

All Pairwise Comparisons among Levels of a*b*d

a = ประเภทรถ a1 = รถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517

a2 = รถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต

a3 = รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

a4 = รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข

b = Stage คัดแยก b1 = stage 1 b2 = stage 2 b3 = stage 3

b4 = stage 4 b5 = stage 5 b6 = stage 6

d = สภาพแวดล้อม d1 = indoor d2 = outdoor

a b d	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
1 1 2	-299.2	31.79	-9.41	0.0001
1 2 1	-54.5	31.79	-1.72	0.9999
1 2 2	-287.2	31.79	-9.03	0.0001
1 3 1	85.6	31.79	2.69	0.8281
1 3 2	-291.6	31.79	-9.17	0.0001
1 4 1	-31.3	31.79	-0.98	1.0000
1 4 2	-323.7	31.79	-10.18	0.0001
1 5 1	-101.5	31.79	-3.19	0.4599
1 5 2	-270.0	31.79	-8.49	0.0001
1 6 1	46.5	31.79	1.46	1.0000
1 6 2	-343.0	31.79	-10.79	0.0001
2 1 1	38.00	31.79	1.20	1.0000
2 1 2	-289.3	31.79	-9.10	0.0001
2 2 1	0.2	31.79	0.01	1.0000
2 2 2	-328.3	31.79	-10.33	0.0001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-2 (ต่อ) ข้อมูลทางสถิติของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 6 ขนาด ภายในรถปรับอากาศทั้ง 4 ประเภท

a b d	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2 3 1	-136.3	31.79	-4.29	0.0289
2 3 2	-260.30	31.79	-8.19	0.0001
2 4 1	55.4	31.79	1.74	0.9999
2 4 2	-307.0	31.79	-9.66	0.0001
2 5 1	-46.9	31.79	-1.48	1.0000
2 5 2	-362.1	31.79	-11.39	0.0001
2 6 1	-358.9	31.79	-11.29	0.0001
2 6 2	-369.0	31.79	-11.61	0.0001
3 1 1	-187.3	31.79	-5.89	0.0002
3 1 2	-370.4	31.79	-11.65	0.0001
3 2 1	-158.9	31.79	-5.00	0.0024
3 2 2	-293.9	31.79	-9.24	0.0001
3 3 1	-207.9	31.79	-6.54	0.0001
3 3 2	-314.6	35.54	-8.85	0.0001
3 4 1	-268.8	31.79	-8.46	0.0001
3 4 2	-287.1	31.79	-9.03	0.0001
3 5 1	-165.3	31.79	-5.20	0.0012
3 5 2	-249.3	31.79	31.79	0.0001
3 6 1	-345.7	31.79	-10.87	0.0001
3 6 2	-363.2	31.79	-11.42	0.0001
4 1 1	62.2	31.79	1.96	0.9982
4 1 2	-331.9	31.79	-10.44	0.0001
4 2 1	-44.4	31.79	-1.40	1.0000
4 2 2	-335.60	31.79	-10.56	0.0001
4 3 1	32.6	31.79	1.03	1.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-2 (ต่อ) ข้อมูลทางสถิติของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 6 ขนาด ภายในรถปรับอากาศทั้ง 4 ประเภท

a b d	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4 3 2	-280.4	31.79	-8.82	0.0001
4 4 1	119.0	31.79	3.74	0.1416
4 4 2	-339.2	31.79	-10.67	0.0001
4 5 1	55.7	31.79	1.75	0.9998
4 5 2	-316.5	31.79	-9.96	0.0001
4 6 1	-319.8	31.79	-10.06	0.0001
4 6 2	-370.9	31.79	-11.67	0.0001

ตารางที่ ง-3 ข้อมูลทางสถิติของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 6 ขนาด ภายนอกรถปรับอากาศทั้ง 4 ประเภท

a = ประเภทรถ

a1 = รถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517

a2 = รถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต

a3 = รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

a4 = รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข

b = Stage คัดแยก b1 = stage 1 b2 = stage 2 b3 = stage 3

b4 = stage 4 b5 = stage 5 b6 = stage 6

d = สภาพแวดล้อม d1 = indoor d2 = outdoor

a b d	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
1 2 1	244.69	31.79	7.697	0.0001
1 2 2	12.03	31.79	0.379	1.0000
1 3 1	384.81	31.79	12.105	0.0001
1 3 2	7.62	31.79	0.24	1.0000
1 4 1	267.99	31.79	8.43	0.0001
1 4 2	-24.46	31.79	-0.77	1.0000
1 5 1	197.76	31.79	6.221	0.0001
1 5 2	29.28	31.79	0.921	1.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-3 (ต่อ) ข้อมูลทางสถิติของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 6 ชนิด ภายนอกกรดปรับอากาศทั้ง 4
ประเภท

a b d	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
1 6 1	345.77	31.79	10.877	0.0001
1 6 2	-43.72	31.79	-1.375	1.0000
2 1 1	337.27	31.79	10.609	0.0001
2 1 2	9.98	31.79	0.31	1.0000
2 2 1	299.43	31.79	9.42	0.0001
2 2 2	-29.07	31.79	-0.914	1.0000
2 3 1	162.96	31.79	5.126	0.0015
2 3 2	38.96	31.79	1.226	1.0000
2 4 1	354.59	31.79	11.154	0.0001
2 4 2	-7.73	31.79	-0.243	1.0000
2 5 1	252.33	31.79	7.937	0.0001
2 5 2	-62.89	31.79	-1.978	0.9978
2 6 1	-59.67	31.79	-1.877	0.9992
2 6 2	-69.73	31.79	-2.194	0.9863
3 1 1	111.95	31.79	3.521	0.2416
3 1 2	-71.11	31.79	-2.237	0.9815
3 2 1	140.36	31.79	4.415	0.0189
3 2 2	5.35	31.79	0.168	1.0000
3 3 1	91.37	31.79	2.874	0.7065
3 3 2	-15.36	35.54	-0.432	1.0000
3 4 1	30.44	31.79	0.958	1.0000
3 4 2	12.12	31.79	0.381	1.0000
3 5 1	133.99	31.79	4.215	0.0363

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-3 (ต่อ) ข้อมูลทางสถิติของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 6 ชนิด ภายนอกกรรปปรับอากาศทั้ง 4
ประเภท

a b d	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3 5 2	49.96	31.79	1.571	1.0000
3 6 1	-46.42	31.79	-1.460	1.0000
3 6 2	-63.94	31.79	-2.011	0.9969
4 1 1	361.46	31.79	11.370	0.0001
4 1 2	-32.70	31.79	-1.029	1.0000
4 2 1	254.80	31.79	8.015	0.0001
4 2 2	-36.36	31.79	-1.144	1.0000
4 3 1	331.85	31.79	10.439	0.0001
4 3 2	18.80	31.79	0.591	1.0000
4 4 1	418.23	31.79	13.156	0.0001
4 4 2	-40.00	31.79	-1.258	1.0000
4 5 1	354.97	31.79	11.166	0.0001
4 5 2	-17.29	31.79	-0.544	1.0000
4 6 1	-20.53	31.79	-0.646	1.0000
4 6 2	-71.63	31.79	-2.253	0.9793

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-4 ข้อมูลทางสถิติของเชื้อราภายในและภายนอกกรดปรับอากาศทั้ง 4 ประเภท

General Linear Model: c versus a, b, d			
Factor	Type	Levels	Values
a	fixed	4	1, 2, 3, 4
b	fixed	6	1, 2, 3, 4, 5, 6
d	fixed	2	1, 2

Analysis of Variance for c, using Adjusted SS for Tests						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
a	3	427189	427189	142396	130.44	0.000
b	5	1296905	1296905	259381	237.6	0.000
d	1	684256	684256	684256	626.79	0.000
a*b	15	497139	497139	33143	30.36	0.000
a*d	3	199119	199119	66373	60.80	0.000
b*d	5	241011	241011	48202	44.15	0.000
a*b*d	15	197689	197689	13179	12.07	0.000
Error	96	104802	104802	1092		
Total	143	3648110				

$$S = 33.0407 \quad R\text{-Sq} = 97.13 \% \quad R\text{-Sq (adj)} = 95.72 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5-5 ข้อมูลทางสถิติของเชื้อราทั้ง 6 ชนิด ภายในรถปรับอากาศทั้ง 4 ประเภท

Tukey Simultaneous Tests

Response Variable c

All Pairwise Comparisons among Levels of a*b*d

a = ประเภทรถ

a1 = รถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517

a2 = รถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต

a3 = รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

a4 = รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข

b = Stage คัดแยก

b1 = stage 1 b2 = stage 2 b3 = stage 3

b4 = stage 4 b5 = stage 5 b6 = stage 6

d = สภาพแวดล้อม

d1 = indoor d2 = outdoor

a b d	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
1 1 2	-44.1	26.98	-1.636	1.0000
1 2 1	67.8	26.98	2.513	0.9149
1 2 2	-3.2	26.98	-0.119	1.0000
1 3 1	119.9	26.98	4.446	0.0170
1 3 2	61.0	26.98	2.260	0.9785
1 4 1	234.3	26.98	8.683	0.0001
1 4 2	111.5	26.98	4.133	0.0466
1 5 1	409.9	26.98	15.196	0.0001
1 5 2	54.5	26.98	2.022	0.9966
1 6 1	-108.7	26.98	-4.030	0.0638
1 6 2	-130.4	26.98	-4.832	0.0043
2 1 1	-84.8	26.98	-3.144	0.4971
2 1 2	-110.6	26.98	-4.099	0.0518
2 2 1	290.4	26.98	10.764	0.0001
2 2 2	-7.5	26.98	-0.279	1.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-5 (ต่อ) ข้อมูลทางสถิติของเชื้อราทั้ง 6 ขนาด ภายในปรับอากาศทั้ง 4 ประเภท

a b d	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2 3 1	300.1	26.98	11.122	0.0001
2 3 2	-16.0	26.98	-0.592	1.0000
2 4 1	245.3	26.98	9.093	0.0001
2 4 2	89.5	26.98	3.318	0.3680
2 5 1	323.0	26.98	11.973	0.0001
2 5 2	131.4	26.98	4.870	0.0038
2 6 1	-121.4	26.98	-4.502	0.0140
2 6 2	-132.3	26.98	-4.905	0.0033
3 1 1	-119.3	26.98	-4.424	0.0183
3 1 2	-127.3	26.98	-4.719	0.0065
3 2 1	-13.0	26.98	-0.482	1.0000
3 2 2	-33.3	26.98	-1.235	1.0000
3 3 1	4.5	26.98	0.167	1.0000
3 3 2	-7.4	26.98	-0.276	1.0000
3 4 1	-92.3	26.98	-3.420	0.3003
3 4 2	-81.9	26.98	-3.036	0.5818
3 5 1	101.7	26.98	3.769	0.1320
3 5 2	-78.3	26.98	-2.903	0.6849
3 6 1	-124.9	26.98	-4.631	0.0089
3 6 2	-123.7	26.98	-4.586	0.0104
4 1 1	-85.6	26.98	-3.172	0.4754
4 1 2	-121.3	26.98	-4.494	0.0144
4 2 1	339.8	26.98	12.596	0.0001
4 2 2	10.5	26.98	0.391	1.0000
4 3 1	459.0	26.98	17.016	0.0001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-5 (ต่อ) ข้อมูลทางสถิติของเชื้อราทั้ง 6 ขนาด ภายในรถปรับอากาศทั้ง 4 ประเภท

a b d	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4 3 2	23.9	26.98	0.887	1.0000
4 4 1	209.6	26.98	7.771	0.0001
4 4 2	-58.4	26.98	-2.165	0.9890
4 5 1	157.7	26.98	5.847	0.0002
4 5 2	-92.5	26.98	-3.427	0.2959
4 6 1	4.5	26.98	0.165	1.0000
4 6 2	-105.4	26.98	-3.908	0.0905

ตารางที่ ง-6 ข้อมูลทางสถิติของเชื้อราทั้ง 6 ขนาด ภายนอกรถปรับอากาศทั้ง 4 ประเภท

a = ประเภทรถ

a1 = รถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาธารณะสาย 517

a2 = รถตู้โดยสารปรับอากาศสาธารณะสายลาดกระบัง-อนุสาวรีย์ชัย-หมอชิต

a3 = รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคล

a4 = รถยนต์ปรับอากาศส่วนบุคคลที่มีสุนัข

b = Stage คัดแยก b1 = stage 1 b2 = stage 2 b3 = stage 3

b4 = stage 4 b5 = stage 5 b6 = stage 6

d = สภาพแวดล้อม d1 = indoor d2 = outdoor

a b d	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
1 2 1	111.92	26.98	4.149	0.0445
1 2 2	40.92	26.98	1.517	1.0000
1 3 1	164.06	26.98	6.081	0.0002
1 3 2	105.10	26.98	3.896	0.0937
1 4 1	278.38	26.98	10.319	0.0001
1 4 2	155.64	26.98	5.769	0.0002
1 5 1	454.07	26.98	16.831	0.0001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-6 (ต่อ) ข้อมูลทางสถิติของเชื้อราทั้ง 6 ขนาด ภายนอกกรดปรับอากาศทั้ง 4 ประเภท

a b d	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
1 5 2	98.68	26.98	3.658	0.1751
1 6 1	-64.58	26.98	-2.394	0.9525
1 6 2	-86.24	26.98	-3.197	0.4564
2 1 1	-40.68	26.98	-1.508	1.0000
2 1 2	-66.45	26.98	-2.463	0.9325
2 2 1	334.52	26.98	12.400	0.0001
2 2 2	36.61	26.98	1.357	1.0000
2 3 1	344.18	26.98	12.758	0.0001
2 3 2	28.16	26.98	1.044	1.0000
2 4 1	289.43	26.98	10.729	0.0001
2 4 2	133.63	26.98	4.953	0.0028
2 5 1	367.13	26.98	13.609	0.0001
2 5 2	175.50	26.98	6.506	0.0001
2 6 1	-77.32	26.98	-2.866	0.7128
2 6 2	-88.19	26.98	-3.269	0.4026
3 1 1	-75.22	26.98	-2.788	0.7676
3 1 2	-83.18	26.98	-3.083	0.5445
3 2 1	31.11	26.98	1.153	1.0000
3 2 2	10.80	26.98	0.400	1.0000
3 3 1	48.64	26.98	1.803	0.9997
3 3 2	36.69	26.98	1.360	1.0000
3 4 1	-48.14	26.98	-1.784	0.9997
3 4 2	-37.78	26.98	-1.400	1.0000
3 5 1	145.81	26.98	5.405	0.0006
3 5 2	-34.20	26.98	-1.268	1.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-6 (ต่อ) ข้อมูลทางสถิติของเชื้อราทั้ง 6 ขนาด ภายนอกกรดปรับอากาศทั้ง 4 ประเภท

a b d	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3 6 1	-80.79	26.98	-2.995	0.6144
3 6 2	-79.60	26.98	-2.950	0.6490
4 1 1	-41.44	26.98	-1.536	1.0000
4 1 2	-77.12	26.98	-2.859	0.7181
4 2 1	383.95	26.98	14.232	0.0001
4 2 2	54.67	26.98	2.027	0.9965
4 3 1	503.17	26.98	18.652	0.0001
4 3 2	68.06	26.98	2.523	0.9110
4 4 1	253.78	26.98	9.407	0.0001
4 4 2	-14.27	26.98	-0.529	1.0000
4 5 1	201.88	26.98	7.483	0.0001
4 5 2	-48.33	26.98	-1.791	0.9997
4 6 1	48.59	26.98	1.801	0.9997
4 6 2	-61.31	26.98	-2.273	0.9767

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้