# การปนเปื้อนของแบคทีเรียและราบางชนิดในอากาศในรถยนต์ส่วนบุคคล

## Contamination of some Airborne Bacteria and Fungi in Personal Cars

ซูไบด๊ะ หะยีวาเงาะ[1], พูรกอนนี สาและ[1], อับดุลลาห์ โดลาห์ ดาลี[1], คอสียาห์ สะลี[1], นุรอัยนี หะยียูโซะ[1]
Zubaidah Hajiwangoh[1], Phurkonni Salaeh[1], Abdullah Dolah Dalee[1], Khosiya Sali[1], Nur-ainee Hayeeyusoh[1]
Received: 28 February 2017 ; Accepted: 12 Sepember 2017

### บทคัดย่อ

การศึกษาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ภายในอากาศในรถยนต์ส่วนบุคคลของบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา โดยการตรวจหา *Bacillus* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Aspergillus* spp. และ *Penicillium* spp. เพื่อเป็นดัชนีจุลินทรีย์ก่อโรคในอากาศ ซึ่งเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูฝนจำนวน 27 คัน และฤดูร้อนจำนวน 18 คัน ด้วยวิธี open plate ผลการศึกษาพบปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดมีค่าระหว่าง 0.77 - 15.38 cfu/$m^3$ และปริมาณรามีค่าระหว่าง 0.98 - 17.01 cfu/$m^3$ โดยมีค่าเฉลี่ยคือ 5.51 ± 3.51 cfu/$m^3$ และ 5.63 ± 3.57 cfu/$m^3$ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเชื้อระหว่างฤดูฝนและฤดูร้อนพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่ปริมาณราบริเวณเบาะหน้ามีมากกว่าบริเวณเบาะหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับจุลินทรีย์ที่พบมากที่สุด คือ *Aspergillus* spp. (ร้อยละ 77.78) รองลงมาคือ *Bacillus* spp. (ร้อยละ 68.89) และ *Penicillium* spp. (ร้อยละ 44.44) แต่ตรวจไม่พบ *P. aeruginosa* ในรถทุกคันที่ศึกษา ผลการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่อาจเป็นประโยชน์ในการบ่งชี้อันตรายจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศภายในรถยนต์และเป็นสิ่งที่ควรเอาใจใส่และคำนึงถึงเพราะส่งผลต่อสุขภาพ โดยเฉพาะโรคในระบบทางเดินหายใจซึ่งมีความสัมพันธ์กับจุลินทรีย์ในอากาศเหล่านี้

**คำสำคัญ:** แบคทีเรียในอากาศ ราในอากาศ รถยนต์

### Abstract

Air microbial contamination in cars of Yala Rajabhat University staff was investigated and evaluated using *Bacillus* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Aspergillus* spp. and *Pencillium* spp. as pathogenic indicators. Sampling included 27 and 18 cars during rainy and summer season respectively. By using an open plate method, it was found that total bacterial counts ranged from 0.77 to 15.38 cfu/$m^3$, and fungal counts 0.98 to 17.01 cfu/$m^3$, with overall average of 5.51 ± 3.51 cfu/$m^3$ and 5.63 ± 3.57 cfu/$m^3$ respectively. Statistically, the microbial count during 2 seasons was not significantly different with a 95% of confidence level. Fungal count average in the front seat was significantly higher than the back seat. It was also found that *Aspergillus* spp. was mainly detected (77.78%), followed by *Bacillus* spp. (68.89%) and *Penicillium* spp. (44.44%), respectively. No the bacterial pathogen *P. aeruginosa* was detected in any sample. These results, although preliminary could be helpful as indication of airborne microbial hazards in cars. This subject deserves attention because of implied health problems, especially respiratory disease associated with these microbial pathogens.

**Keywords:** airborne bacteria, airborne fungi, car

---

[1] *อาจารย์, คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000,*

[1] *Lecturer, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Mueng District, Yaly 95000, Thailand. Corresponding author; Zubaidah Hajiwangoh, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Mueng District, Yala 95000, Thailand. zubaidah.h@yru.ac.th*

## บทนำ

จุลินทรีย์หลายๆ ชนิดที่พบในอากาศสามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ได้[1-3] โดยเฉพาะโรคในระบบทางเดินหายใจ[4] มีรายงานการศึกษาพบว่าการสัมผัสกับจุลินทรีย์ในอากาศที่มีปริมาณมากจะมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ โดยเฉพาะโรคหอบหืด[5] โพรงจมูกอักเสบ[6] ปอดอักเสบจากภูมิแพ้[7] และอาการเจ็บป่วยที่เกี่ยวเนื่องกับการอาศัยในอาคาร (sick-building syndrome)[8] โดยมีรายงานพบการแพร่กระจายของ *Bacillus* spp. ซึ่งพบการปนเปื้อนมากที่สุดในโรงพยาบาลชุมชน[4] แบคทีเรียชนิดนี้จะก่อให้เกิดโรคในผู้ที่มีร่างกายอ่อนแอและมีภูมิคุ้มกันบกพร่อง เช่นเดียวกับ *P. aeruginosa* ที่เป็นสาเหตุของการติดเชื้อในผู้ที่มีภาวะภูมิคุ้มกันต่ำ โดยพบแพร่กระจายในอากาศภายในโรงพยาบาล[9] และยังพบในแผ่นกรองอากาศของรถยนต์[10] นอกจากนี้ยังมีรา *Aspergillus* spp. และ *Penicillium* spp. รวมถึงสปอร์ของราเหล่านี้มีความสามารถในการก่อให้เกิดโรคภูมิแพ้ และยังสามารถสร้างสารพิษหรือ mycotoxin ได้ เช่น อะฟลา-ทอกซิน (aflatoxins) และไตรโคทีซีน (trichothecenes) เป็นต้น โดยเมื่อสัมผัสเอาสารพิษนี้เข้าสู่ร่างกายจะส่งผลต่อระบบทางเดินหายใจเป็นหลัก สารพิษจะทำลายเยื่อเมือกในระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิดการระคายเคืองตา จมูก และคอ นอกจากนี้ถ้าสปอร์ซึ่งมีขนาดเล็กผ่านลงไปในถุงลมปอดอาจก่อให้เกิดปอดอักเสบได้[11]

การศึกษาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศจึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยเฉพาะอากาศที่คนเราต้องสัมผัสบ่อยๆ เช่น อากาศในรถยนต์ เนื่องจากเป็นยานพาหะที่มีความจำเป็นมากในชีวิตประจำวัน รถยนต์จึงเป็นสิ่งแวดล้อมอีกประเภทหนึ่งที่คนส่วนใหญ่ต้องสัมผัสในแต่ละวันและในแต่ละสัปดาห์ ทำให้ปัจจุบันมีความตระหนักถึงสภาวะแวดล้อมภายในรถยนต์มากขึ้น มีการศึกษาเกี่ยวกับมลภาวะต่างๆ ที่ผู้ขับขี่รถยนต์มีความเสี่ยงจะต้องสัมผัสภายในรถยนต์ ไม่ว่าจะเป็นสารประกอบคาร์บอนิล สารอินทรีย์ระเหยง่าย สารไฮโดรคาร์บอนและฝุ่นละอองหรืออนุภาคเล็กๆ[12-17] รวมถึงมีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับจุลินทรีย์ในอากาศภายในรถยนต์ โดยพบรา *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus* และ *Alternaria* และแบคทีเรียในรถยนต์โดยสารสาธารณะ[18]และภายในรถไฟ[19] นอกจากนี้ยังพบแบคทีเรียในอากาศภายในรถยนต์มีปริมาณสูงถึง 2,550 cfu/m$^3$ [1]

ภายในห้องโดยสารรถยนต์จึงเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ โดยเฉพาะโรคในระบบทางเดินหายใจดังที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยเชื้อโรคสามารถแพร่กระจายหรือติดต่อได้โดยการสัมผัสกับผู้ป่วยโดยตรงด้วยการไอหรือจามแล้วหายใจนำเชื้อก่อโรคเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งการไอและจามของผู้ป่วยครั้งหนึ่ง สามารถปล่อยอนุภาคออกมาได้มากกว่า 1,000 และ 10,000 อนุภาคตามลำดับ[20] และจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถแพร่กระจายได้ไกลประมาณ 15 ฟุต โดยจะฟุ้งกระจายไปกับระบบหมุนเวียนอากาศภายในอาคารหรือรถยนต์และมีศักยภาพเพียงพอที่จะเกิดโรคแก่บุคคลที่อยู่ในบรรยากาศนั้นๆ ซึ่งมีการประเมินโรคภูมิแพ้จากมลพิษในอากาศ โดย Center for Disease Control (CDC) พบว่ามีสาเหตุมาจากฝุ่นละออง ละออง ชีวภาพ และสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compound; VOCs) ร้อยละ 35, 34 และ 31 ของผู้ป่วยที่เกิดภูมิแพ้ตามลำดับ[21] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เห็นความสำคัญในการประเมินความปลอดภัยทางด้านสุขภาพจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศ โดยได้ศึกษาการแพร่กระจายของปริมาณและชนิดของแบคทีเรียและราในอากาศภายในรถยนต์ โดยกลุ่มตัวอย่างคือ รถยนต์ส่วนบุคคลของบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลาและมีจุลินทรีย์ที่เป็นตัวบ่งชี้ คือ *Bacillus* spp., *P. aeruginosa*, *Aspergillus* spp. และ *Penicillium* spp.

## วิธีการทดลอง

### การเก็บตัวอย่างและการเพาะเลี้ยงเชื้อ

เก็บตัวอย่างภายในห้องโดยสารของรถยนต์ส่วนบุคคลของบุคลากรในมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลาจำนวน 45 คัน โดยเก็บตัวอย่างในฤดูฝนช่วงเดือนธันวาคม 2558 – มกราคม 2559 และช่วงเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม 2559 ส่วนฤดูร้อนเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ – พฤษภาคม 2559 ระหว่างเวลา 8.00 - 10.00 น. ด้วยวิธี Open plate ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ ศิริพร และกาญจนา[4] โดยใช้อาหารเพาะเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA) และอาหาร Potato dextrose agar (PDA) สำหรับเพาะเลี้ยงแบคทีเรียและราตามลำดับ สำหรับ *P. aeruginosa* ใช้อาหาร MacConkey agar เก็บตัวอย่างโดยการเปิดฝาจานเพาะเลี้ยงเชื้อนาน 15 นาที แล้วนำไปบ่มเพาะเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 - 48 ชั่วโมง สำหรับแบคทีเรียและบ่มที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1 สัปดาห์ สำหรับรา แล้วนำมาตรวจนับจำนวนและชนิดของแบคทีเรียและรา พร้อมทั้งพิสูจน์เอกลักษณ์ของแบคทีเรียและรา โดยมีการกำหนดจุดวางจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อจำนวน 4 จุด คือ บริเวณเบาะที่นั่งคนขับ ด้านข้างคนขับ และเบาะหลังคนขับทั้ง 2 ตำแหน่ง โดยในการเก็บตัวอย่างได้มีการวัดอุณหภูมิภายในห้องโดยสารรถยนต์ และสอบถามข้อมูลการใช้รถยนต์เบื้องต้น รวมถึงเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณเชื้อระหว่างฤดูฝนและฤดูร้อน และปริมาณเชื้อระหว่างเบาะหน้าและเบาะหลังด้วยวิธี t-test

**การตรวจพิสูจน์เชื้อ *Bacillus* spp. และ *P. aeruginosa***

ตรวจดูลักษณะสัณฐานวิทยาเบื้องต้นของแบคทีเรียเบื้องต้นด้วยวิธีการย้อมแกรม และตรวจสอบคุณสมบัติทางชีวเคมีตามวิธีมาตรฐาน สำหรับโคโลนีที่สงสัยว่าเป็น *Bacillus* spp. มีลักษณะดังนี้ คือ ติดสี แกรมบวก รูปท่อน สร้างสปอร์ ให้ผลการทดสอบ คาตาเลสเป็นบวก ส่วนโคโลนีบนอาหาร MacConkey agar ที่คาดว่าจะเป็น *P. aeruginosa* จะไม่มีสี หรือเป็นสีเหลืองอ่อน หลังจากนั้นนำโคโลนีที่มีลักษณะดังกล่าวไปตรวจสอบต่อ โดย *P. aeruginosa* มีลักษณะดังนี้ คือ ติดสี แกรมลบ รูปท่อน ไม่สร้างสปอร์ ให้ผลการทดสอบคาตาเลสและออกซิเดสเป็นบวก และให้ผลการทดสอบบนอาหาร Triple sugar iron (TSI) เป็น K/K หรือ K/no change ไม่สร้างแก๊สและไฮโดรเจนซัลไฟด์

**การตรวจพิสูจน์ลักษณะของรา**

ตรวจดูลักษณะสัณฐานวิทยาบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (macroscopic morphology) โดยดูลักษณะของโคโลนี ผิวหน้าโคโลนี สีโคโลนี การสร้างรงควัตถุในอาหารเลี้ยงเชื้อ ลักษณะใต้โคโลนี และลักษณะการเจริญเติบโต เป็นต้น โดยการนำราไปเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง และตรวจลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (microscopic morphology) ด้วยวิธีสก็อตเทปเทคนิค หรือวิธี tease mount โดยการเขี่ยเส้นใยแล้วนำไปย้อมด้วยสีแลคโตฟีนอลคอตตอลบลู (lactophenol cotton blue) หรือเตรียมสไลด์รา โดยการทำ slide culture แล้วนำไปเปรียบเทียบกับเอกสาร ทางวิชาการต่าง ๆ[22-24] เพื่อตรวจพิสูจน์ชนิดของรา

## ผลการทดลอง

**ปริมาณและชนิดของแบคทีเรียและราที่แพร่กระจายในอากาศภายในรถยนต์**

จากการสำรวจปริมาณของแบคทีเรียและราภายในห้องโดยสารรถยนต์จำนวน 45 คัน พบว่ารถทุกคันมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ โดยมีปริมาณแบคทีเรียอยู่ระหว่าง 0.77 - 15.38 cfu/m$^3$ (ค่าเฉลี่ย 5.51 ± 3.51 cfu/m$^3$) และมีปริมาณราระหว่าง 0.98 - 17.01 cfu/m$^3$ (ค่าเฉลี่ย 5.63 ± 3.57 cfu/m$^3$) โดยขณะเก็บตัวอย่างอุณหภูมิภายในห้องโดยสารรถยนต์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 29 - 33 องศาเซลเซียส การเก็บตัวอย่างทำทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูร้อน โดยฤดูฝนเก็บตัวอย่าง จำนวน 27 คัน และฤดูร้อนจำนวน 18 คัน

ผลการศึกษาปริมาณแบคทีเรียและราตามฤดูกาล (Table 1) พบว่า ในช่วงฤดูฝนมีปริมาณแบคทีเรียอยู่ระหว่าง 0.77 – 15.38 cfu/m$^3$ (ค่าเฉลี่ย 5.57 ± 3.80 cfu/m$^3$) และปริมาณราอยู่ระหว่าง 0.98 - 17.01 cfu/m$^3$ (ค่าเฉลี่ย 5.73 ± 3.79 cfu/m$^3$) สำหรับในช่วงฤดูร้อนมีปริมาณแบคทีเรียอยู่ระหว่าง 1.71 - 14.47 cfu/m$^3$ (ค่าเฉลี่ย 5.41 ± 3.26 cfu/m$^3$) และปริมาณราอยู่ระหว่าง 1.84 - 12.08 cfu/m$^3$ (ค่าเฉลี่ย 5.49 ± 3.32 cfu/m$^3$) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเชื้อระหว่างฤดูฝนและฤดูร้อน พบว่าปริมาณแบคทีเรียในฤดูฝนและฤดูร้อนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P$>0.05) เช่นเดียวกับปริมาณราที่พบในฤดูฝนและฤดูร้อน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

การศึกษาครั้งนี้ยังได้เปรียบเทียบปริมาณของเชื้อระหว่างเบาะหน้าและเบาะหลัง (Table 1) โดยผลปรากฏว่าปริมาณแบคทีเรียระหว่างเบาะหน้าและเบาะหลังไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนราพบว่า บริเวณเบาะหน้ามีปริมาณรามากกว่าเบาะหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการสำรวจพบแบคทีเรียประมาณ 2 - 6 ชนิดต่อคัน โดยส่วนใหญ่พบจำนวนเชื้อ 4 ชนิดต่อคัน (ร้อยละ 37.78) รองลงมา คือ จำนวน 3 ชนิดต่อคัน (ร้อยละ 28.89) ดังแสดงในรูปที่ 1 ส่วนราพบจำนวน 2 - 7 ชนิดต่อคัน โดยส่วนใหญ่พบจำนวน 5 ชนิด (ร้อยละ 31.11) รองลงมาคือ จำนวน 6 ชนิด (ร้อยละ 20) ดังแสดงใน Figure 1

**Table 1** The average amount of bacteria and fungi by comparing the seasonal and the position of sampling by t-test

| ฤดูกาล/ ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง | ค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรีย (cfu/m$^3$) | ค่าเฉลี่ยปริมาณรา (cfu/m$^3$) |
|---|---|---|
| ฤดูฝน | 5.57±3.80 | 5.73 ± 3.79 |
| ฤดูร้อน | 5.41 ± 3.26 | 5.49 ± 3.32 |
| เบาะหน้า | 5.03 ± 3.24 | 5.69 ± 4.22$^a$ |
| เบาะหลัง | 6.01 ± 5.32 | 0.84 ± 1.84$^b$ |

Remark: The different superscripts are statistically different at p≤0.05 according to least significant difference test.

An unsuperscripts are not statistically different at p≤0.05 according to least significant difference test.

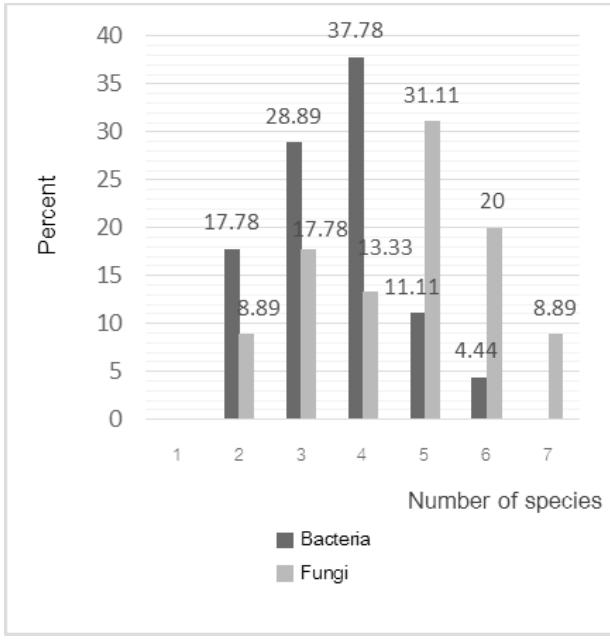


**Figure 1** The frequency of species of bacteria and fungi found inside the cars per vehicle

**แบคทีเรีย *Bacillus* spp. และ *P. aeruginosa* ในอากาศภายในรถยนต์**

ผลการศึกษาปรากฏว่าไม่พบเชื้อ *P. aeruginosa* ในรถทุกคันที่เก็บตัวอย่าง พบแต่เพียงเชื้อ *Bacillus* spp. ในห้องโดยสารรถยนต์จำนวน 31 คัน (ร้อยละ 68.89) โดยพบจำนวนเชื้อตั้งแต่ 1 – 23 ไอโซเลต โดยมีความถี่ในการพบเชื้อมากที่สุดคือ 1 – 2 ไอโซเลต ต่อคัน (ร้อยละ 22.22-24.44) สำหรับรถยนต์ที่พบเชื้อจำนวน 23 ไอโซเลตมีเพียงคันเดียวเท่านั้น (Figure 2)

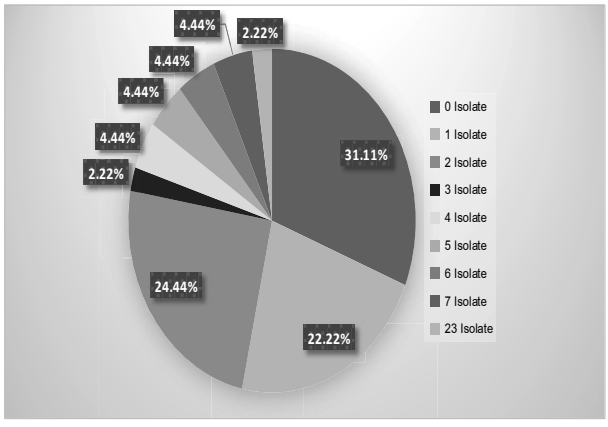


**Figure 2** The frequency of *Bacillus* spp. found inside the cars per vehicle

**รา *Aspergillus* spp. และ *Penicillium* spp. ในอากาศภายในรถยนต์**

จากการสำรวจชนิดของราบนอาหารเลี้ยงเชื้อ และนำไปศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาบนอาหารเลี้ยงเชื้อและลักษณะสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบโคโลนีที่มีลักษณะแตกต่างกัน 4 ชนิด จัดอยู่ในจีนัส *Aspergillus* spp. โดยพบในรถยนต์จำนวนมากถึง 35 คัน (ร้อยละ 77.78) และโคโลนีที่แตกต่างกัน 2 ชนิด จัดอยู่ในจีนัส *Penicillium* spp. ซึ่งมีจำนวน 20 คัน (ร้อยละ 44.44)

## วิจารณ์และสรุปผล

อากาศเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อสุขภาพของผู้คน โดยจุลินทรีย์นับเป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของอากาศ มีรายงานพบว่าการสัมผัสจุลินทรีย์ในอากาศเป็นจำนวนมากมีความสัมพันธ์กับโรคในระบบทางเดินหายใจ โดยเฉพาะโรคหอบหืดและจมูกอักเสบ[25] การศึกษาครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ที่แพร่กระจายในอากาศภายในห้องโดยสารรถยนต์ส่วนบุคคลทั้งในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ซึ่งพบแบคทีเรียและราในรถทุกคันที่ตรวจ สำหรับจุลินทรีย์ที่แพร่กระจายในอากาศเหล่า นี้อาจมีต้นกำเนิดมาจากวัสดุต่างๆ ภายในรถ เช่นพรมปูพื้นรถ รวมถึงเบาะรถยนต์ที่มีลักษณะเป็นเบาะผ้า ประกอบกับมีการไหลของอากาศภายในรถยนต์ที่เกิดจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศ หรือการไหลของอากาศจากภายนอกเข้ามาในรถยนต์ จึงทำให้มีจุลินทรีย์แพร่กระจายภายในอากาศในรถยนต์ ได้ [18,26,27] ซึ่งจากการเก็บข้อมูลการล้างแอร์ของรถที่เก็บตัวอย่าง พบว่าร้อยละ 53.33 ไม่ได้มีการล้างแอร์มานานกว่า 6 เดือน ดังนั้นสิ่งเหล่านี้จึงเป็นเสมือนปัจจัยส่งเสริมที่ทำให้เกิดการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ภายในรถยนต์ นอกจากนี้อุณหภูมิและความชื้นก็มีผล ต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ด้วย[28,29]

การศึกษาครั้งนี้พบปริมาณแบคทีเรียและราค่อนข้างน้อย โดยมีค่าเฉลี่ย 5.51 ± 3.51 cfu/$m^3$ และ 5.63 ± 3.57 cfu/$m^3$ ตามลำดับ ซึ่งยังมีปริมาณค่อนข้าง ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณภาพอากาศภายในอาคารตามมาตรฐาน Guide lines for Good Indoor Air Quality in Office Premises (1996:40) โดยกระทรวงสิ่งแวดล้อม ประเทศสิงคโปรที่ได้กำหนดให้จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (aerobic plate count) และจำนวนยีสต์และราทั้งหมดที่ยอมรับได้ คือ ไม่เกิน 500 cfu/$m^3$ นอกจากนี้ปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจนับได้ภายในรถยนต์ส่วนบุคคลนี้ ยังมีปริมาณน้อยกว่าจุลินทรีย์ที่ตรวจนับได้ในอากาศภายในรถโดยสารประจำทางและรถโดยสารสาธารณะ[18] ซึ่งพบว่าปริมาณแบคทีเรียและราอยู่ในช่วง 10 - $10^3$ cfu/$m^3$

ทั้งนี้ผลการศึกษาที่แตกต่างกันอาจเกิดจากหลายๆ ปัจจัย อาทิเช่น รถโดยสารประจำทางหรือรถโดยสารสาธารณะ เป็นยานพาหนะที่มีผู้ใช้บริการหลากหลาย ซึ่งทำให้โอกาสการปนเปื้อนจุลินทรีย์มีสูงขึ้น ประกอบกับช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างคือช่วงที่รถยนต์กำลังวิ่งตามปกติและมีการใช้เครื่องปรับอากาศ จึงทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองในอากาศ ซึ่งเกิดจากฝุ่นละออง หรืออนุภาคต่างๆ ที่ตกอยู่ตามพื้น หรือเบาะที่นั่งคนขับหรือผู้โดยสาร แต่สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างภายในรถยนต์ของรถยนต์ส่วนบุคคล ซึ่งมีผู้โดยสารน้อยกว่าและเก็บตัวอย่างในขณะที่รถยนต์จอดแล้ว จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีปริมาณเชื้อน้อยกว่าและเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณจุลินทรีย์ที่พบภายในอาคาร เช่น อากาศภายในโรงพยาบาลขนาดต่างๆ ซึ่งพบว่า มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดค่อนข้างมาก คือ อยู่ในช่วง 392.97 – 456.11 cfu/m$^3$ [4] แสดงให้เห็นว่าภายในรถยนต์มีปริมาณจุลินทรีย์ค่อนข้างน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับอากาศภายในอาคาร แต่อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาครั้งนี้ที่พบการปนเปื้อนทั้งแบคทีเรียและราในอากาศภายในรถยนต์ทุกคันที่ตรวจ และเนื่องจากภายในห้องโดยสารรถยนต์มีลักษณะปิด มิได้เป็นพื้นที่ที่มีลักษณะโล่งกว้าง การระบายอากาศจึงไม่ดีเช่นเดียวกับภายในอาคาร ดังนั้นผู้โดยสารหรือผู้ขับขี่จึงไม่ควรละเลยในการดูแลรักษาความสะอาด เพื่อไม่ให้เป็นแหล่งสะสมและทำให้จุลินทรีย์เหล่านี้เพิ่มจำนวนเพิ่มมากขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแบคทีเรียและราในระหว่างช่วงฤดูฝนและฤดูร้อน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากในช่วงระหว่างที่เก็บตัวอย่างอุณหภูมิภายในรถยนต์ไม่มีความแตกต่างกันมาก โดยในช่วงฤดูฝนอุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่างอยู่ระหว่าง 26 – 36 องศาเซลเซียส โดยส่วนใหญ่ร้อยละ 25 มีอุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่าง คือ มีอุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ส่วนที่อุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียส มีเพียง 1 คันเท่านั้น สำหรับฤดูร้อนอุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่างอยู่ระหว่าง 27 – 34 องศาเซลเซียส โดยส่วนใหญ่ร้อยละ 33.33 มีอุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่าง 31 องศาเซลเซียส จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายในรถยนต์ในระหว่างฤดูฝนและฤดูร้อนไม่แตกต่างกันมาก ทำให้ปริมาณเชื้อที่พบจึงมีค่าใกล้เคียงกัน

ผลการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่า ปริมาณราบริเวณเบาะหน้ามากกว่าเบาะหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P$>0.05) ทั้งนี้อาจเกิดจากบริเวณเบาะหน้าเป็นส่วนที่มีเครื่องปรับ อากาศอยู่ ซึ่งอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศ เช่น แผ่นกรองอากาศจะมีฝุ่น หรือเศษผงต่างๆ รวมถึงจุลินทรีย์เกาะติดอยู่ ประกอบกับเมื่อเกิดความชื้นขึ้นอย่างน้อย 48 ชั่วโมง และมีอุณหภูมิที่เหมาะสม จึงทำให้ราสามารถก่อตัวในระบบปรับอากาศได้ และเมื่อมีการเปิดเครื่องปรับอากาศจุลินทรีย์เหล่านี้จึงแพร่กระจายเข้ามาภายในรถยนต์[10,30] โดยมีรายงานวิจัยที่แสดงให้เห็นแผ่นกรองอากาศภายในเครื่องปรับอากาศเป็นแหล่งสำคัญของจุลินทรีย์หลากหลายชนิดรวมถึงสารพิษจากจุลินทรีย์[10] และเนื่องจากสปอร์ของรามีขนาดเล็กและปลิวหรือล่องลอยตามกระแสลมได้ง่าย ดังนั้นเมื่อมีการระบายอากาศในช่วงที่เครื่องปรับอากาศทำงาน บริเวณเบาะหน้าจึงพบการแพร่กระจายของราได้สูงกว่าเบาะหลัง ดังนั้นถึงแม้ว่าเครื่องปรับอากาศจะช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ในอากาศ[1] แต่จุลินทรีย์ที่ติดอยู่ที่บริเวณแผ่นกรองอากาศซึ่งเกิดจากการดูดอากาศจากภายนอกรถเข้าไปในเครื่อง สามารถแพร่กระจายเข้ามาในตัวรถได้[10] โดยมีรายงานพบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแผ่นกรองอากาศใหม่แทนที่แผ่นกรองอากาศที่เก่าแล้วคุณภาพอากาศทางจุลินทรีย์จะดีขึ้นตามไปด้วย[31]

สำหรับจุลินทรีย์ที่ตรวจพบมากที่สุดในครั้งนี้คือ *Aspergillus* spp. (ร้อยละ 77.78) รองลงมาคือ *Bacillus* spp. (ร้อยละ 68.89) และ *Penicillium* spp. (ร้อยละ 44.44) ตามลำดับ แต่ตรวจไม่พบเชื้อ *P. aeruginosa* ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของเด่นนภา และลาวัลย์[32] ที่ได้ศึกษาความหลากหลายของจุลินทรีย์ในเครื่องปรับอากาศ โดยพบว่าราที่พบได้บ่อยที่สุด คือ *Aspergillus* spp. เช่นเดียวกันกับผลการวิจัยของ ศิริพร และกาญจนา[4] ซึ่งตรวจคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล ที่พบ *Aspergillus* spp. จำนวนมากที่สุด (ร้อยละ 43.69) รองลงมาคือ *Bacillus* spp. (ร้อยละ 39.06) นอกจากนี้ Lee และ Jo[18] ได้ศึกษาการปนเปื้อนของแบคทีเรียและราในอากาศภายในรถโดยสารประจำทางและรถโดยสารสาธารณะ และปรากฏว่ามีรา 4 ชนิดที่พบมาก โดย *Cladosporium* พบสูงสุด รองลงมา คือ *Penicillium*, *Aspergillus* และ *Alternaria* ตามลำดับ การพบจุลินทรีย์เหล่านี้ โดยเฉพาะ *Penicillium* และ *Aspergillus* มีความสัมพันธ์อย่างมากกับโรคในระบบทางเดินหายใจ โดยเมื่อมีการสูดดมสปอร์ของราเข้าไปจะเป็นสาเหตุของโรคหอบหืดและภูมิแพ้ [33,34] นอกจากนี้การพบทั้งแบคทีเรียและราในรถทุกคันที่ตรวจ แสดงให้เห็นว่าผู้โดยสารมีโอกาสเสี่ยงที่จะได้รับอันตรายต่อสุขภาพจากจุลินทรีย์เหล่านี้ เนื่องจากมีรายงานการตรวจพบเอนโดท็อกซิน (endotoxin) และเบต้ากลูเคน ($\beta$-1,3-glucan) ในฝุ่นบนเบาะที่นั่งของผู้โดยสาร ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอาการหอบหืด[35] ประกอบกับผู้ใช้รถส่วนใหญ่จะต้องโดยสารอยู่ภายในรถเป็นประจำเกือบทุกวัน ดังนั้นผู้โดยสารจึงต้องตระหนักและให้ความสำคัญในการป้องกันการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ ด้วยการลดปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยการหมั่นดูและรักษา

ความสะอาดภายในตัวรถ โดยเฉพาะแหล่งสะสมของจุลินทรีย์ จำพวกวัสดุประเภทพรมปูพื้นรถ เบาะนั่งที่เป็นผ้า รวมถึงการบำรุงรักษาและดูแลระบบเครื่อง ปรับอากาศภายในรถ การทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศหรือเปลี่ยนเมื่อมีอายุการใช้งานที่นาน เพื่อป้องกันการสะสมของจุลินทรีย์บนแผ่นกรอง อันเป็นสาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งของการแพร่กระจายของเชื้อ

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบบำรุงการศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ประจำปี พ.ศ. 2559 และขอขอบคุณบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

1. Jo WK, Lee JH. Airborne fungal and bacterial levels associated with the use of automobile air conditioners or heaters, room air conditioners, and humidifiers. Arch Environ Occup Health 2008;63:101-7.
2. Knibbs LD, Morawska L. Traffic-related fine and ultrafine particle exposures of professional drivers and illness: an opportunity to better link exposure science and epidemiology to address an occupational hazard?. Environment International 2012: 49:110-4.
3. Stepheson RE, Gutierrez D, Peter C, Nichols M, Boles BR. Elucidation of bacteria found in car interiors and strategies to reduce the presence of potential pathogens. Biofouling 2014;30(3):337-46.
4. ศิริพร ศรีเทวิณ, กาญจนา นาถะพินธุ. การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศในโรงพยาบาล ขนาดที่แตกต่างกัน. วารสารวิจัย มข. (บศ.) 2555;12(40):92-101.
5. Ross MA, Curtis L, Scheff PA, Hryhorczuk DO, Ramakrishnan V, Wadden RA et al. Association of asthma symptoms and severity with indoor bioaerosols. Allergy 2000;55:705–11.
6. Windsor RC,Johnson LR. Canine chronic inflammatory rhinitis. Clin Tech Small Anim Pract 2006;21:76–81.
7. Lacey J, Dutkiewicz .J. Bioaerosols and occupational lung disease. J Aerosol Sci 1994;25:1371–1404.
8. Bolashikov ZD, Melikov AK. Methods for air cleaning and protection of building occupants from airborne pathogens. Build Environ 2009;44:1378–85.
9. พินิจ กล่ำคลองตัน. การแพร่กระจายของเชื้อ *Psuedomonas aeruginosa* ในสถานพยาบาล: กรณีศึกษาโรงพยาบาลนภาลัย จังหวัดสมุทรสงคราม. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร;2553.
10. Li J, Li M, Shen F, Zou Z, Yao M, Wu C. Characterization of biological aerosol exposure risks from automobile air conditioning system. Environmental Science & Technology 2013;47:10660-6.
11. Meklin T, Husman T, Vepsäläinen A, Vahteristo M, Koivisto J, Halla-aho J et al. Indoor air microbes and respiratory symptoms of children in moisture damaged and reference schools. Indoor Air 2002;12(3):175-83.
12. Riediker M, Williams R, Devlin R, Griggs T, Bromberg P. Exposure to particulate matter, volatile organic compounds, and other air pollutants inside patrol cars. Environ Sci Technol 2003;37:2084-93.
13. Sapkota A, Buckley TJ. The mobile source effect on curbside 1,3-butadiene, benzene, and particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons associated at a tollbooth. J of Air and Waste Management Association 2003;53:740–48.
14. Go´mez-Perales JE, Colvile RN, Nieuwenhuij sen MJ, Ferna´ndez-Bremauntz A, Gutie´rrez-Avedoy VJ, Pa´ramoFigueroa VH et al. Commuters' exposure to PM2.5, CO, and benzene in public transport in the metropolitan area of Mexico City. Atmospheric Environment 2004;38:1219–29.
15. Shiohara N, Fernandez-Bremauntz AA, Blanco Jim ´enezS, Yanagisawa ´Y. The commuters' exposure to volatile chemicals and carcinogenic risk in Mexico City. Atmos Environ 2005;39:3481–9.
16. Zeldin DC, Eggleston P, Chapman M, Piedimonte G, Renz H, Peden D. How exposures to biologics influence the induction and incidence of asthma. Environ Health Perspect 2006;114:620–6.
17. Pang X, Mu Y. Characteristics of carbonyl compounds in public vehicles of Beijing City: concentrations, sources, and personal exposures. Atmos Environ 2007;41:1819–24.

18. Lee JH, Jo WK. Expossure to airborne fungi and bacteria while commuting in passenger cars and public buses. Atmospheric environment 2005;39:7342-50.
19. Wang YF, Wang CH, Hsu KL. Size and seasonal distributions of airborne bioaerosols in commuting trains. Atmospheric environment 2010;44:4311-38.
20. Kowalski WJ, Bahnfleth W. Airborne respiratory diseases and mechanical systems for control of microbes. Journal of Heating/Piping/Air conditioning Engineering 1998;70:34-52.
21. ปุญญานิช บริเวธานันท์. ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองและราในอากาศของโรงพยาบาลในเขตปริมณฑล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา). บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2549.
22. เสาวนิตย์ ชอบบุญ. การจำแนกเชื้อราเส้นสายที่พบในอาหารและอากาศ. คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา; 2550.
23. Germain G, Summerbell R. Identifying fungi: A clinical laboratory handbook. 2nd ed. CA: Starpunlishing; 2011.
24. Mycology web page[internet]. Toronto: New Brunswick Museum; 2015 [updated 2016 June 1; cited 2016 August 4]. Available from: http://website.nbm-mnb.ca/
25. Beaumont F. Clinical manifestations of pulmonary Aspergillus infections. Mycoses 1988; 31: 15–20.
26. Gravesen S, Larsen L, Gyntelberg F, Skov P. Demonstration of microorganisms and dust in schools andOffices. Allergy 1986;41: 520–25.
27. Su HK, Chen HL, Huang CF, Lin CY, Li FC, Milton DK. Airborne fungi and endotoxin concentrations in different areas within textile plants in Taiwan:a 3-year study. Environmental Research 2002;89:58–65.
28. Jones, BL, Cookson IT. Natural atmospheric microbial conditions in a typical suburban area. Applied and Environmental Microbiology 1983;45:919–34.
29. Ren P, Jankun TM, Belanger K, Bracken MB, Leaderer BP. The relation between fungal propagules in indoor air and home characteristics. Allergy 2001;56:419–24.
30. สุพจน์ เตชะอำนวยวิทย์. การแก้ไขปัญหาเชื้อรา ในระบบปรับอากาศ. สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทยบทความวิชาการชุดที่ 16;2551:63-81
31. Vonberg RP, Gastmeier P, Kenneweg B, Holdack-Janssen H, Sohr D, Chaberny IF. The microbiological quality of air improves when using air conditioning systems in cars. BMC Infect Dis 2010;10:146.
32. เด่นนภา รุ่งศิริ, ลาวัลย์ ฟุ้งขจร. ความหลากหลายของจุลินทรีย์ในเครื่องปรับอากาศของมหาวิทยาลัย ราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา. รายงานการวิจัย โปรแกรมวิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา;2545.
33. Halonen M, Stern DA, Wright AL, Taussig LM, Martinez FD.. Alternaria as a major allergen for asthma in children raised in a desert environment. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine 1997;155:1356–61.
34. Ostro B, Lipsett M, Mann J, Braxton-Owens H, White M. Air pollution and exacerbation of asthma in African-American children in Los Angeles. Epidemiology 2001;12:200–8.
35. Wu FF, Wu MW, Chang CF, Lai SM, Pierse N, Crane J, Siebers R. Endotoxin and β-(1,3)-glucan levels in automobiles: A pilot study. Ann Agric Environ Med 2010;17:327-30.