

## บทที่ 2

### แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

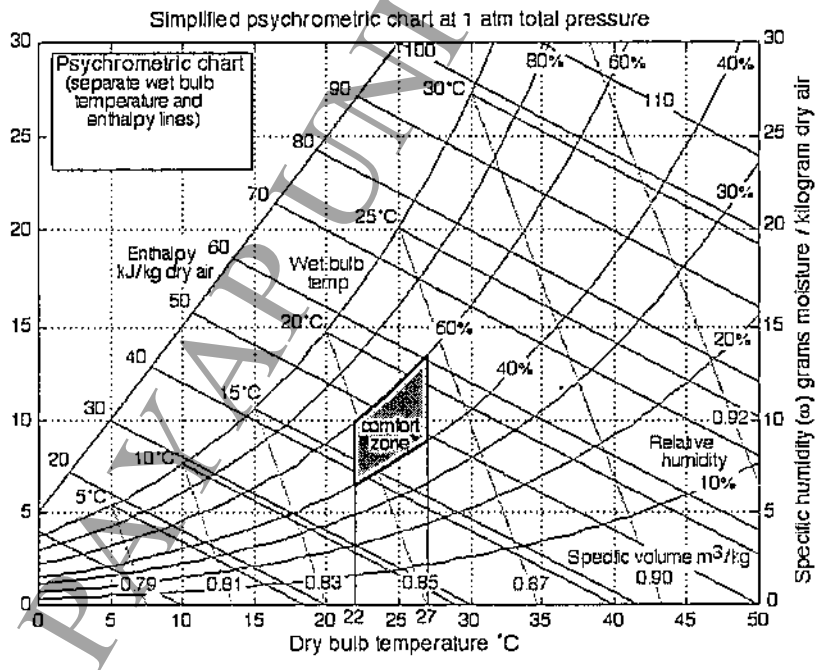
ในประเทศสหรัฐอเมริกา โรคภูมิแพ้เป็นตัวกำหนดความเจ็บป่วยที่สำคัญของสังคมมนุษย์ โดยพบผู้ป่วยโรคเยื่อจมูกอักเสบในสถานที่ทำงานจำนวน 3.5 ล้านคน และพบในโรงเรียนจำนวน 2 ล้านคน ซึ่งมีสาเหตุมาจากเชื้อราหลายชนิด เช่น *Aspergillus*, *Cladosporium* และ *Alternaria* (Monireh, et al., 2010)

โรคภูมิแพ้คือโรคที่เกิดจากปฏิกิริยาภูมิไวเกินต่อสารก่อภูมิแพ้ เช่น ฝุ่น ตัวไรฝุ่น เชื้อราในอากาศ อาหาร ขนสัตว์ เกสรดอกไม้ เป็นต้น ปัจจุบันโรคภูมิแพ้พบมากขึ้นในทุกประเทศทั่วโลก รวมทั้งในประเทศไทยด้วย จากผลการสำรวจเมื่อ 20 กว่าปีก่อน พบผู้ป่วยโรคหอบหืดที่เป็นผู้ใหญ่ประมาณ 2.5% ส่วนผลการสำรวจในเด็กเมื่อ 10 ปีก่อน พบว่าเด็กในกรุงเทพมหานคร เป็นโรคหอบหืด 4.2% แต่ในปัจจุบันพบเพิ่มขึ้นเป็น 13% ส่วนโรคภูมิแพ้ผิวหนัง หรือผื่นแพ้ทางผิวหนังที่มักจะพบบ่อยในเด็ก โดยเฉพาะในเด็กเล็ก พบว่าการเกิดโรคภูมิแพ้ชนิดนี้ไม่เพิ่มขึ้นมากนัก พบประมาณ 10-15% ของประชากรเด็กเล็ก แต่ก็มักจะหายไปในตอนโต สำหรับโรคภูมิแพ้ทางจมูกพบได้มากกว่าโรคภูมิแพ้แบบอื่นๆ โดยจากการสำรวจในผู้ใหญ่และเด็ก พบประมาณถึง 20% และมีแนวโน้มที่จะพบสูงขึ้นเรื่อยๆ

ปัจจุบันพบว่า ผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ มีมากขึ้นถึง 3-4 เท่า ประชากรทั่วโลกประมาณ 300 ล้านคนป่วยด้วยโรคหอบหืดและมากกว่า 80% ของผู้ป่วยโรคหอบหืดมักมีอาการของเยื่อจมูกอักเสบจากโรคภูมิแพ้ร่วมด้วย

อีกทั้งยังพบว่าพันธุกรรมมีบทบาทสำคัญในการก่อให้เกิดโรคดังกล่าว โดยโรคนี้มักพบร่วมกับโรคหอบหืดและไซนัสอักเสบ และจากการศึกษายังพบว่า เด็กที่ป่วยด้วยโรคภูมิแพ้มีโอกาสเป็นโรคหอบหืดมากขึ้นถึง 3 เท่า อีกทั้งเด็กที่เป็นโรคหอบหืดจำนวน 80% มักเริ่มมีอาการก่อนอายุ 5 ปี สำหรับสถิติโรคภูมิแพ้ในเด็กไทยนั้น พบว่า ความชุกของโรคภูมิแพ้ในเด็กไทยสูงถึง 38% หรือเท่ากับประมาณ 7 ล้านคนของประชากรเด็กทั่วประเทศ ส่วนผู้ใหญ่พบว่าเป็นโรคดังกล่าวประมาณ 20% อีกทั้งยังพบว่า เด็กที่ป่วยเป็นโรคหอบหืดมีถึง 15% ซึ่งมากกว่าผู้ใหญ่ซึ่งมีเพียง 7% (กองการแพทย์ทางเลือก, 2548)

โดยปกติเชื่อว่าก่อโรคภูมิแพ้จะเจริญเติบโตในที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75 (75% Relative Humidity) ในบริเวณที่มีปริมาณเชื้อรามาก เช่น ห้องน้ำ ห้องครัว รวมทั้งฝ้าและเพดานที่เป็นแหล่งสะสมของเชื้อราวิธีการกำจัดเชื้อราได้แก่ ลดความชื้นภายในห้องโดยการให้มีการระบายอากาศที่ดี เช่น เปิดห้องให้อากาศถ่ายเท และจัดห้องให้มีแสงแดดส่องถึง หมั่นตรวจไม่ให้มีรูรั่วของท่อน้ำในอาคาร ถ้าพบเชื้อราให้ทำความสะอาดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ



ภาพที่ 2.1 กราฟระหว่างความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกำจัดเชื้อราและไรฝุ่น

หากความชื้นสัมพัทธ์สูงจะมีผลทางอ้อมที่ทำให้เกิดอัตราการเกิด โรคภูมิแพ้ และ infectious respiratory disease สูงขึ้น ดังนั้นควรควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างร้อยละ 40-60 เพื่อที่จะลดผลเสียต่อสุขภาพ โดยความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาคารที่ต่ำควรเพิ่มให้สูงกว่าร้อยละ 40 เพื่อลดอาการรุนแรงของโรคภูมิแพ้และหอบหืด ขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาคารที่สูงควรลดให้ต่ำกว่าร้อยละ 60 เพื่อลดการเกิดของไรฝุ่นและเชื้อรา นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 50 และ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นสภาพอากาศที่เราใช้ทำการกำจัดเชื้อรา และไรฝุ่น แสดงดังภาพที่ 2.1 (วิรัชญา เอ็นจิเนียริ่ง, 2555)

แบคทีเรียก่อโรคในอากาศ ได้แก่

#### 1. *Staphylococcus aureus*

*Staphylococcus aureus* เป็นแบคทีเรียใน Class Cocci, Order Bacillales จัดอยู่ใน Family Micrococcaceae และอยู่ใน Genus *Staphylococcus* มีรูปร่างทรงกลม เป็นแกรมบวก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-1.0 ไมโครเมตร ไม่สร้างสปอร์ ไม่เคลื่อนที่ ส่วนใหญ่ไม่มีแคปซูล การเรียงตัวของเซลล์อาจพบเป็นเซลล์เดี่ยว เป็นคู่ หรือเป็นกลุ่ม ลักษณะคล้ายพวงอุ้งน หรือเป็นเส้นสายสั้นๆ โดยมากไม่เกิน 4 เซลล์ ต่างจาก *Streptococci* ซึ่งมีรูปร่างทรงกลมหรือรี แบ่งตัวในแนวเดียว เรียงตัวเป็นสายยาวและต่างจาก *Micrococci* ตรงที่ *S. aureus* มีขนาดเซลล์เล็กกว่า โคลนินของ *S. aureus* มีผิวเรียบ (smooth) เงา (glistening) โปร่งแสง (translucent) ขอบเรียบ (entire) ยกสูงกว่าผิวอาหารเล็กน้อย (raise) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี 1.0-2.0 มิลลิเมตร สามารถเจริญได้ดีในอาหารวัฒนธรรมตา เช่น Nutrient agar โคลนินมีลักษณะค่อนข้างเหนียวหนืดคล้ายเนย โปร่งแสงจนถึงทึบแสงในอาหารเหลวจะเจริญขึ้นทั่วทั้งหลอดง่ายแก่การตกตะกอน บางครั้งเจริญเป็นวงแหวนบางๆ ลอยอยู่ที่ผิวน้ำอาหาร *S. aureus* เป็น facultative anaerobes สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 10-45 องศาเซลเซียสและความเป็นกรดต่าง 4.2-9.3 แต่เจริญได้ดีที่สุดในสภาวะที่มีออกซิเจน ความเป็นกรดต่างที่ 7.0-7.5 อุณหภูมิ 30-37 องศาเซลเซียสและความเข้มข้นของ NaCl 10%

นอกจากนี้ยังสามารถตรวจพบ *S. aureus* และ *S. epidermidis* ปริมาณมากถึง 90% ของ *Staphylococci* ที่อาศัยในทางเดินหายใจบริเวณที่พบมากที่สุดคือ บริเวณทางเดินหายใจส่วนหน้า และคอหอย อีกทั้งยังตรวจพบ *S. aureus* ในบริเวณอื่นของร่างกาย เช่น ผิวหนังบริเวณอับชื้นมีรูขุมขนมาก ทางเดินอาหาร ฝีเย็บ ใกล้บริเวณทวารหนัก และ genital tract รวมถึงตรวจพบ *S. aureus* ในสิ่งแวดล้อม

และอาหารต่างๆ เช่น อาหารประเภททำเค็มตากแห้ง อาหารที่ทำด้วยแป้งและขนมหวาน แผลงแพร่เชื้อที่สำคัญที่สุด ได้แก่ ผู้ที่กำลังติดเชื้อมี เนื่องจาก *S. aureus* มีความทนทานมากเมื่ออยู่นอกร่างกาย สามารถมีชีวิตอยู่ตามหนองหรือเสมหะแห้ง ดังนั้นผู้ป่วยที่กำลังติดเชื้อมี จึงต้องระวังไม่ให้สิ่งเหล่านี้ ออกมาปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นโอกาสแพร่เชื้อไปยังผู้อื่นต่อไป โรคที่เกี่ยวกับทางเดินหายใจที่มีสาเหตุจาก *S. aureus* ได้แก่ ปอดบวม (Pneumonia) หนองในช่องเยื่อหุ้มปอด (Empyema) และหนองในช่องเยื่อหุ้มหัวใจ (Pyopericardium) การติดเชื้อในกระแสโลหิต (Septicemia) และการอักเสบของเยื่อหุ้มหัวใจ (Infective endocarditis) และอาหารเป็นพิษ (Staphylococcal Food poisoning) ซึ่งเกิดจากการรับประทานอาหารที่ปนเปื้อน enterotoxin (วรรณญาณแสงเพ็ชรส่อง, 2529)

## 2. *Bacillus* spp.

มีเซลล์เป็นลักษณะรูปแท่ง ในบางเวลาสามารถสร้างเอนโดสปอร์ได้ มีการเคลื่อนที่โดยใช้ peritrichous flagella หรือไม่เคลื่อนที่ เป็นแกรมบวก บางสปีชีส์เป็น gram-variable หรือ แกรมลบ เกิด catalase-positive เป็นแบคทีเรียชนิด aerobes หรือ facultative anaerobes โดยส่วนใหญ่เป็นสิ่งมีชีวิตที่กินของเน่าเปื่อย พบทั่วไปในดิน บางครั้งพบในสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแมลง เป็นปรสิตหรือก่อโรค เช่น *Bacillus subtilis* และ *Bacillus cereus* (Michael & Roger, 1965)

### ตัวอย่างเช่น *Bacillus cereus*

ความถี่ของอาหารเป็นพิษ *B. cereus* เป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษ โดยเนื่องจากการได้รับ toxin ทำให้เกิดโรคลำไส้อักเสบมากกว่าการติดเชื้อมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นใน 10 ปีที่ผ่านมา *B. cereus* พบได้ทั่วไปในดิน ผัก น้ำ และฝุ่น ส่วนใหญ่แยกได้จากอาหารที่ประกอบด้วยผักและเนื้อสัตว์ พืช นม พาสเจอร์ไรส์ และนมผง *B. cereus* จะสร้างเอนโทโรทอกซินที่ทำให้เกิดความเจ็บป่วย เกิดอาการอาเจียน ท้องร่วง อาการอาเจียนจะคล้ายคลึงกับ Staphylococcal food poisoning และ อาหารเป็นพิษที่เกิดจาก *Clostridium perfringens* นอกจากนี้ toxin ของ *B. cereus* จะทนต่อความร้อนอีกด้วย (Elmer, et al., 1988)

## 3. แบคทีเรียแกรมลบรูปแท่ง

มีลักษณะเซลล์เป็นรูปแท่ง ติดสีแดงเมื่อย้อมสีแกรม ความสามารถในการก่อโรคของแบคทีเรียแกรมลบรูปแท่งจะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของผนังเซลล์ที่มีลักษณะเฉพาะ ประกอบด้วยชั้นของ lipopolysaccharide (LPS) เมื่อเข้าสู่ในร่างกายมนุษย์ LPS จะกระตุ้นให้ตอบสนอง innate immune เกิดผลผลิตของ cytokine และกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน การเกิดการอักเสบจะมีผลมาจาก ผลผลิตของ cytokine ซึ่งสามารถสร้างสารพิษในสิ่งมีชีวิตได้ แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดปัญหาในระบบทางเดินหายใจได้

เช่น *Hemophilus influenzae*, *Klebsiella pneumoniae*, *Legionella pneumophila* และ *Pseudomonas aeruginosa* เชื้อที่ก่อโรคเกี่ยวกับปัสสาวะ เช่น *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Enterobacter cloacae* และ *Serratia marcescens* เชื้อที่ก่อโรคเกี่ยวกับกระเพาะอาหารและลำไส้ เช่น *Helicobacter pylori*, *Salmonella enteritidis* และ *Salmonella typhi* (Gram-negative, ม.ป.ป.)

เชื้อราก่อโรคในอากาศ ได้แก่

### 1. *Aspergillus* sp.

เป็นสิ่งมีชีวิตที่พบได้ทุกแห่งทั้งในดิน น้ำ พืชผักที่เน่าเปื่อย และในพื้นที่ที่ประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว การหายใจเอาสปอร์ของเชื้อเข้าไปจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ สำหรับสปอร์ที่พบว่าจะก่อให้เกิดโรคได้แก่ *A. Fumigatus* ส่วน *A. flavus*, *A. Niger* และ *A. Terreus* จะพบเป็นครั้งคราว (Robert & Bryan, 1991)

### 2. *Penicillium* sp.

สิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ บางสปอร์เป็นสาเหตุของการเน่าเสียของผลไม้ พืชผัก ผลไม้แช่แข็ง และเห็ด บางชนิดใช้ในการทำเนยแข็ง ได้แก่ Roquefort, blue และ camembert บางครั้งนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหมัก นอกจากนี้ยังผลิตสาร antibiotic (Penicillin) ซึ่งเป็นผลผลิตของเชื้อ *P. notatum* และ *P. Chrysogenum* เชื้อราชนิดนี้จะมีความใกล้ชิดเกี่ยวข้องกับเชื้อ *Aspergillus* และหลายชนิดมีการสืบพันธุ์แบบมีการสร้าง ascospore การสร้าง ascus จะทำให้เป็นที่สังเกตของเชื้อ *Penicillium* ซึ่งง่ายกว่าการจำแนกเชื้อ *Aspergillus*

*Penicillium* มีการแบ่ง vegetative mycelia ซึ่งแพร่ขยายและเริ่มสร้าง acrial hyphae ซึ่งจะพัฒนามาเป็น conidiophores ต่อไป สำหรับ conidiophores อาจมีการแตกหัก การจับเป็นกลุ่มก้อนของ sterigma มักจะเกิดขึ้นในที่หนึ่งและแต่ละโครงสร้างสายของ codidia สีของเชื้อราที่โตเต็มที่ที่ใช้ในการจำแนกสปอร์สามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 15-30 องศาเซลเซียส (Michael & Roger, 1965)

### 3. *Curvularia* sp.

เชื้อ *Curvularia* พบมากกว่า 30 สปอร์ ซึ่งมีอยู่ทุกแห่ง เจริญได้ดีบนพื้นผิวของเซลลูโลสพบได้บ่อยในดิน พืชสด และพืชที่เน่าเปื่อย โดยเฉพาะส่วนของใบ และพบได้หลากหลายในเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างๆ ภายในอาคาร เชื้อชนิดนี้เป็นสารก่อภูมิแพ้ ที่ทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ได้ บางคนอาจเกิดโรคไข้ละอองฟาง ที่มีอาการคันจมูก คันตา น้ำมูก น้ำตาไหล และจาม รวมถึงโรคหืด และโรค

โพรงจมูกอักเสบ อาจเป็นสาเหตุของการติดเชื้อในกระจกตา โรคเชื้อราที่เล็บ โรคกระจกตาอักเสบ โรคปอดบวม โรคเยื่อหุ้มหัวใจอักเสบ และฝีในสมอง (Curvularia, ม.ป.ป.)

ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

1. อาหาร อาหารต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น ข้าว เนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ เป็นอาหารที่สำคัญของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังมาจากตัวคนและสัตว์ เมื่อมีอาหารจุลินทรีย์จากสิ่งแวดล้อม ก็จะย่อยสลายสารอาหารดังกล่าวเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนต่อไป

2. น้ำ ปริมาณน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยทั่วไปแบคทีเรียต้องการปริมาณน้ำมากกว่ายีสต์และรา

3. อุณหภูมิจุลินทรีย์แต่ละประเภทมีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 พวก คือ

3.1 Psychrophile หมายถึงจุลินทรีย์ที่ชอบความเย็น เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียสถึง +5 องศาเซลเซียสและเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิประมาณ 12-15 องศาเซลเซียสแต่จุลินทรีย์พวกนี้จะไม่ทนความร้อน เช่น *Listeria monocytogenes*

3.2 Mesophile หมายถึงจุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส พบว่า จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการเน่าเสียของอาหารและการเกิดโรค รวมทั้งการเกิดอาหารเป็นพิษส่วนใหญ่มักจะอยู่ในประเภท mesophile นี้ เช่น *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีอากาศค่อนข้างร้อนเหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้มาก

3.3 Thermophile หมายถึงจุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า 45 องศาเซลเซียสจุลินทรีย์พวกนี้ส่วนใหญ่จะสร้างสปอร์ที่ทนความร้อนได้ดี พวก thermophiles ส่วนใหญ่จะไม่ก่อให้เกิดโรคและสร้างสารพิษ

4. ปริมาณออกซิเจน (Oxygen) หรือปริมาณอากาศในการเจริญของจุลินทรีย์ แต่ละประเภทนั้นจะมีความต้องการปริมาณออกซิเจนมากน้อยต่างกัน จึงมีการแบ่งออกเป็น aerobic คือ จุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนหรืออากาศในการเจริญเติบโต microaerophilic คือ จุลินทรีย์ที่ต้องการปริมาณออกซิเจนเพียงเล็กน้อยในการเจริญเติบโต anaerobic คือ จุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนหรืออากาศในการเจริญเติบโต

5. ความเป็นกรด - ด่างในอาหาร (pH) จุลินทรีย์โดยทั่วไปจะเจริญได้ดีในอาหารที่มี pH 5.5-7.0 ส่วนใหญ่ไม่ทนต่อกรด จึงเจริญได้ดีในอาหารประเภทเนื้อสัตว์ แต่อย่างไรก็ตาม มีจุลินทรีย์บางชนิด เช่น lactic acid bacteria สามารถเจริญได้ดีในอาหารที่เป็นกรด เช่น แหนม และนมเปรี้ยว

ส่วนยีสต์และราเจริญได้ในอาหารที่มี pH ต่ำ หรืออาหารที่เป็นกรด (ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์, ม.ป.ป.)

## 2.2งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันมีการศึกษาจุลินทรีย์ในที่อยู่อาศัยมากขึ้น สิ่งมีชีวิตที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศภายในอาคารมากที่สุดคือ แบคทีเรีย เชื้อรา และยีสต์ โดยจะมีอันตรายต่อการเกิดโรคติดต่อได้ บางชนิดอาศัยอยู่ในเซลล์ของร่างกาย แต่บางชนิดก็สามารถหลั่งสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผู้คนเกิดการเจ็บป่วยได้ทั้งที่แต่เดิมมีสุขภาพแข็งแรงอยู่แล้ว แต่เมื่อแหล่งที่ทำงานหรือสถานศึกษา มีปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคเกินกว่าปกติก็สร้างปัญหาทางสุขภาพได้เช่นกัน ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

การศึกษาระดับการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในห้องเรียนของโรงเรียนอนุบาลประถมศึกษา และมัธยมศึกษาของประเทศโปแลนด์ พบว่ามีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในอากาศในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานจุลินทรีย์ กล่าวคือ แบคทีเรียทั่วไป 340-7,530 CFU/m<sup>3</sup> แบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายเม็ดเลือดแดงได้ 5-35 CFU/m<sup>3</sup> เชื้อกลุ่ม Staphylococci 24-475 CFU/m<sup>3</sup> แบคทีเรียกลุ่ม coli 0-45 CFU/m<sup>3</sup> และเชื้อรา 30-785 CFU/m<sup>3</sup> (Karwowska, 2003)

ในประเทศเยเมน ปริมาณแบคทีเรียในอากาศของห้องเรียน ในห้องที่ไม่มีอากาศถ่ายเท ห้องที่มีอากาศถ่ายเทบ้างเล็กน้อย และห้องที่มีอากาศถ่ายเทดี โดยพบปริมาณแบคทีเรีย 492, 269 และ 246 CFU/50 liters of air sample ตามลำดับ และปริมาณแบคทีเรียในห้องเรียนจะมีปริมาณสูงกว่าภายนอกห้องเรียนอีกด้วย (Al-Shahwani, Hamood, Muhammad, Nabeel, & Ghareeb, 2004)

มีรายงานการตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ปริมาณสูงในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยโปแลนด์ ในระหว่างปี 2002 ถึงปี 2003 โดยได้ศึกษาค่าเฉลี่ยปริมาณจุลินทรีย์ในภาคการศึกษาปกติ พบจำนวนแบคทีเรียมากถึง 3,000 CFU/m<sup>3</sup> และเทอมภาคฤดูร้อนพบแบคทีเรีย 13,000 CFU/m<sup>3</sup> โดย 50% ของปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศเป็นจำพวกเชื้อรา ซึ่งมีสองสายพันธุ์ที่ก่อโรคทางเดินหายใจคือ *Cladosporium* และ *Alternaria* ซึ่งคาดคะเนว่าในฤดูร้อนของปี 2002 จะพบมากถึง 11,000 spore/m<sup>3</sup> และ 16,000 spore/m<sup>3</sup> ในปี 2003 ทั้งนี้ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศจะขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านฤดูกาลและปีที่เก็บตัวอย่าง (Bugajny, et al., 2005)

ในประเทศโปแลนด์มีการศึกษาการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในอากาศในห้องเรียนของมหาวิทยาลัยโดยทำวิจัยในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม ค.ศ. 2002 และในช่วงเวลาเดียวกันของปี

ค.ศ. 2003 เก็บตัวอย่างอากาศในสองช่วงเวลาของหนึ่งวัน คือในช่วงเช้าและบ่าย จากการศึกษาพบการเจริญของแบคทีเรียและการเพิ่มขึ้นของสปอร์เชื้อราในช่วงเวลาบ่าย จากนั้นจึงนำเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่เก็บได้จากตัวอย่างในอากาศมาจำแนก พบ *Staphylococcus* spp., *Micrococcus* spp., *Serratia* spp., *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Rhizopus* spp., *Cladosporium* spp. และ *Alternaria* spp. โดยเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มนี้เป็นเชื้อก่อโรคและตรวจพบในโรคทางเดินหายใจ (Stryjowska-Sekulska, Piotraszewska-Pajak, Szyska, Nowicki, & Filipiak, 2007)

ในประเทศไทยมีรายงานวิจัยเปรียบเทียบคุณภาพทางจุลชีววิทยาของอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมนมของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่เริ่มใช้ระบบกรองอากาศ และไม่มีระบบกรองอากาศ ด้วยวิธีตกตะกอน (Sedimentation) พบว่า การสู่มตัวอย่างอากาศโรงงานที่มีระบบกรองอากาศจะพบปริมาณจุลินทรีย์และยีสต์ต่ำกว่าโรงงานที่ไม่มีระบบกรองอากาศอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังตรวจพบ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Streptococcus* sp., *Salmonella* sp., Coliform และ *E.coli* ในทั้งสองโรงงาน แต่ไม่พบ *Listeria* spp. ซึ่งแสดงให้เห็นถึงระบบสุขาภิบาลของโรงงานและสุขภาพลักษณะส่วนบุคคลของพนักงานที่ต้องปรับปรุงทั้งสองโรงงาน (Onvimol, Tuitemwong, Tuitemwong, Suthirawut, & Vibulsresth, 1999)

ประเทศบังกลาเทศได้มีการศึกษากลุ่มแบคทีเรียในสิ่งแวดล้อม โดยเก็บตัวอย่างจากทั้งพื้นที่ในอาคารและพื้นที่นอกอาคารของเมือง Chittagong ในรอบหนึ่งปี ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม ค.ศ. 2002 โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่แตกต่างกันในการตรวจสอบซึ่งพบว่า มีแบคทีเรีย 25.87%, 44.20% และ 29.91% ในช่วงฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน ตามลำดับ จากการจำแนกพบแบคทีเรีย 82.52% และกลุ่มเชื้อรา 17.48% ในพื้นที่นอกอาคาร ส่วนพื้นที่ในอาคาร พบกลุ่มแบคทีเรีย 76.93% และกลุ่มเชื้อรา 23.07% โดยเชื้อที่แยกได้นั้น ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* และ *Bacillus subtilis* ซึ่งพบมากที่สุดในพื้นที่และทุกฤดูในรอบปี โดย *Staphylococcus* spp. จะมีเปอร์เซ็นต์การตรวจพบมากที่สุดในพื้นที่ tea stall พบ *Staphylococcus* spp. 13.69% และที่ *Kodomioli* พบ 14.37% ในพื้นที่ตัวอย่างในอาคารและนอกอาคารตามลำดับ (Bhowmick & Rashid, 2004)

ในประเทศอิหร่าน พบว่าผู้ป่วยในโรงพยาบาลมีความเสี่ยงสูงที่จะเป็นโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลได้ สาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการติดเชื้อ คือ เชื้อราก่อโรค โดยศึกษาจากปริมาณและชนิดของเชื้อราก่อโรคในอากาศ เก็บตัวอย่างอากาศที่โรงพยาบาลในเมือง Shiraz ทางใต้ของประเทศอิหร่านที่มีความเสี่ยงสูง โดยใช้หลักการ settle plate จากนั้นนำโคโลนีของเชื้อรามาคัดจำแนกวิเคราะห์และรายงานผล พบว่ามีจุลินทรีย์ที่พบทั้งหมด 1,075 โคโลนี แบ่งเป็นเชื้อรา 419 โคโลนี เมื่อทำการคัดแยก



เชื้อราที่พบในอากาศจากสองโรงพยาบาลพบว่ามี 15 สายพันธุ์ คิดเป็น 4.25% ของโรงพยาบาล A และ 16% ในโรงพยาบาล B ซึ่งแสดงว่าห้องมีความสะอาด ชนิดเชื้อราที่พบมากที่สุดคือ *Cladosporium* รองลงมาได้แก่ *Aspergillus* spp. นอกจากนี้ยังตรวจพบปริมาณเชื้อราสูงสุดที่ 1,016 และ 1,797 CFU/m<sup>2</sup> ในห้องผู้ป่วยฉุกเฉิน และห้องผ่าตัด การตรวจหาเชื้อราก่อโรคนในอากาศเป็นวิธีที่ควิธีหนึ่งสำหรับการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อในผู้ป่วยที่รักษาตัวอยู่ เมื่อมีการดูแลจัดการความเสี่ยงของห้องต่างๆ ในโรงพยาบาลก็จะนำไปสู่การลดอัตราโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลของผู้ป่วยได้ (Pakshir, Shekarkhar, Mostagnie, Sabayan, & Vaghefikial, 2007)

จากการศึกษาคุณภาพอากาศทางจุลินทรีย์ในรถยนต์ที่ใช้ระบบปรับอากาศ พบว่า การเปิดใช้ระบบปรับอากาศเพียงหนึ่งถึงสองนาทีก่อน ทำให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงถึง 81.7% จำนวนสปอร์เชื้อราลดลง 83.3% และจำนวนฝุ่นละอองลดลง 87.8% โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชนิดของรถยนต์และชนิดของระบบปรับอากาศ (Ralf-Peter Vonberg, et al., 2010)

ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (The index of microbial air contamination, IMA) อาศัยหลักการ settle plate ซึ่งจัดเป็นการเก็บตัวอย่างอากาศแบบ Passive (Passive air sampling) ถึงแม้ว่าวิธีนี้จะไม่ได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีการตรวจการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ที่ดีเทียบเท่ากับการเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์พิเศษ (Active air sampling) เพราะปัจจัยต่างๆ ได้แก่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อเวลาในการเปิดจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้ออุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเพาะเชื้อสามารถส่งผลต่อจำนวนเชื้อปนเปื้อนที่พบอย่างไรก็ตาม settle plate ก็ยังคงเป็นที่นิยมเนื่องจากเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายราคาถูกและไม่ต้องการเครื่องมือพิเศษใดๆ โดยนับจำนวนจุลินทรีย์ที่ร่วงหล่นบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่เปิดสำหรับอากาศแบบ 1/1/1 (ใช้เวลา 1 ชั่วโมง/วางจานอาหารเลี้ยงเชื้อสูงจากพื้น 1 เมตร/วางจานอาหารเลี้ยงเชื้อห่างจากผนังห้องอย่างน้อย 1 เมตร) ห้องที่มีการปนเปื้อนและพบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในปริมาณระดับที่ยอมรับได้จะถือว่าเป็นที่ยอมรับ ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (IMA) เป็นวิธีทดสอบในหลายสถานที่ เช่น โรงพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรมอาหาร นิทรรศการศิลปะ สนามบิน รวมถึงสถานที่ที่มีการเปิดให้อากาศเข้าออกอยู่ตลอดเวลา ซึ่ง IMA เป็นวิธีที่พิสูจน์ความน่าเชื่อถือและการใช้เครื่องมือติดตามการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในอากาศบนพื้นผิวของจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่เปิดรับอากาศจากสิ่งแวดล้อม (Pasquarella, Pitzurra, & Savino, 2000)

ปัจจุบันจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอากาศโดยเฉพาะอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมได้รับความสนใจมากขึ้นเนื่องจากในโรงงานอุตสาหกรรมเช่น โรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรมีการ

ใช้สารอินทรีย์อันเป็นปัจจัยที่ทำให้จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอากาศสามารถเจริญเติบโตได้ดีและจุลินทรีย์ในอากาศโดยทั่วไปยังสามารถเกาะยึดกับฝุ่นที่ลอยอยู่ในอากาศได้ การหายใจเอาฝุ่นที่มีจุลินทรีย์เกาะอยู่ทำให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจได้มากกว่าการหายใจเอาเฉพาะฝุ่นหรือจุลินทรีย์เข้าไปอย่างเดียว บริเวณที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์เช่นบริเวณกระบวนการผลิตบริเวณปล่อยและเก็บของเสีย และบริเวณที่มีความชื้นสูง อากาศและมีการระบายอากาศไม่เพียงพอ ดังนั้นในบริเวณที่มีฝุ่นละอองปนเปื้อนสูงก็ย่อมจะทำให้จุลินทรีย์สามารถเข้าสู่ร่างกายได้มากขึ้นด้วยการประเมิณการสัมผัสเป็นสิ่งสำคัญที่บอกได้ว่าพนักงานที่สัมผัสกับจุลินทรีย์ในสถานที่นั้นมีความเสี่ยงต่อสุขภาพหรือไม่จึงมีความจำเป็นต้องเลือกวิธีการเก็บตัวอย่างให้เหมาะสมการประเมิณการสัมผัสกับจุลินทรีย์ในอากาศมีหลายวิธีวิธีที่นิยมใช้คือการตกตะกอนของเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อการตกกระทบและการกรองเชื้อบนแผ่นกรองเป็นต้นวิธีการตกตะกอนของเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อมีข้อดีคือทำได้ง่ายและราคาถูกแต่ใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างนานวิธีการตกกระทบมีข้อดีคือสามารถทราบค่าความเข้มข้นและลักษณะจุลินทรีย์ได้รวมถึงใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างน้อยส่วนข้อเสียคือราคาแพงและถ้าอัตราการไหลของอากาศมากไปจะทำให้เกิดการฟุ้งของจุลินทรีย์ในอากาศที่ไหลเข้าทำให้เกิดการตกกระทบได้น้อยลง ส่วนวิธีการกรองในประเทศไทยยังไม่นิยมใช้เพราะไม่เหมาะกับอากาศที่แห้งและร้อนและเพื่อเป็นการลดอันตรายจากการสัมผัสจุลินทรีย์ในอากาศการใช้วิธีการป้องกันไม่ให้สัมผัสกับจุลินทรีย์รวมถึงการควบคุมไม่ให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตด้วยการควบคุมปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเจริญสามารถลดอันตรายของจุลินทรีย์ต่อสุขภาพของพนักงานได้ (ศิริลักษณ์ วงษ์วิจิตสุข, 2553)

จากการศึกษาจุลินทรีย์ในอากาศในห้องปฏิบัติการวิจัยของมหาวิทยาลัย Chieti ประเทศอิตาลี ทดสอบคุณภาพอากาศโดยใช้หลักการ settle plate ตามดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (The index of microbial air contamination, IMA) โดยศึกษาการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศเป็นเวลา 6 เดือนใน 3 มหาวิทยาลัย (A, B และ C) ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar ดำรวจเป็นรายเดือนเดือนละ 1 ชั่วโมง แบ่งเป็นช่วงเวลาเช้าและช่วงเวลากลาง จากนั้นนับจำนวนโคโลนีที่พบเป็นหน่วย plate/hour ทดสอบหาชนิดของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา อย่างไรก็ตามในแต่ละตัวอย่างที่เก็บจะพบปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับมลภาวะทางจุลินทรีย์ที่มากน้อยในแต่ละห้อง ปริมาณจุลินทรีย์ที่หนาแน่นบ่งบอกคุณภาพของสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี จากผลการศึกษาพบว่า มหาวิทยาลัย A และ C จะพบปริมาณจุลินทรีย์สูงในช่วงอากาศอบอุ่น (เมษายนถึงมิถุนายน) และช่วงอากาศหนาว (ตุลาคมถึงธันวาคม) ตามลำดับ ส่วนเชื้อจุลินทรีย์ที่พบส่วนใหญ่ได้แก่ แบคทีเรียแกรมบวก ได้แก่ *Staphylococcus*, *Bacillus* และ *Actinomyces* (Di Giulio M, et al, 2010)