# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 คุณภาพอากาศในอาคาร

คุณภาพของอากาศเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญต่อการควบคุมสภาวะแวดล้อมที่จำเป็นต่อสุขภาพของมนุษย์ อากาศโดยทั่วไปมักมีการปนเปื้อนทั้งที่เกิดจากธรรมชาติ และจากที่มนุษย์สร้างขึ้นไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบของฝุ่น ควัน ไอ หรือก๊าซ แต่การปนเปื้อนทางอากาศที่จะกล่าวถึงในตอนนี้คือการปนเปื้อนของเชื้อโรคหรือจุลชีพทางอากาศ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส และรา ซึ่งเป็นตัวการสำคัญต่อการแพร่กระจายของโรคติดต่อชนิดต่างๆ ดังนั้นการควบคุมสิ่งแวดล้อมเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของจุลชีพดังกล่าวจึงเป็นสิ่งสำคัญ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ อีก เช่น ความชื้น ความเร็วลมที่ปะทะผิวกาย และเสื้อผ้าที่สวมใส่ หรือแม้กระทั่งความแตกต่างทางเพศและวัย เป็นต้น (ทรงยศ ภารดี, 2551)

คุณภาพอากาศภายในอาคาร หมายถึง สภาวะการที่อากาศภายในอาคารที่อาจไม่มีสิ่งเจือปนหรือมีสิ่งเจือปนอยู่ในปริมาณที่อาจจะทำหรือไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ต่อทรัพย์สินของมนุษย์หรือต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณรอบๆ อาคารนั้นๆ หากปริมาณสิ่งปนเปื้อนต่ำกว่าระดับที่จะก่อให้เกิดปัญหาดังกล่าว ก็จะถือว่าคุณภาพอากาศภายในอาคารอยู่ในระดับดี เหมาะสำหรับการอยู่อาศัย แต่ถ้าปริมาณสิ่งปนเปื้อนเท่ากับหรือสูงกว่าระดับที่จะก่อให้เกิดปัญหา ก็จะถือว่าคุณภาพอากาศภายในอาคารนั้นไม่ดี ไม่เหมาะสำหรับการอยู่อาศัย (จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ, 2551)

## 2.2 แหล่งกำเนิดมลพิษในอากาศ

สิ่งเจือปนหรือสิ่งปนเปื้อนในอากาศโดยทั่วไป ประกอบด้วยฝุ่น เส้นใย ก๊าซและไอของสารเคมี และสารทางชีวภาพ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส และเชื้อรา เป็นต้น (ตารางที่ 2.1) สิ่งปนเปื้อนหรือมลพิษต่างๆ เหล่านี้อาจส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร สิ่งปนเปื้อนหรือมลพิษทางอากาศภายในอาคารอาจมาจากทั้งจากภายนอกอาคารและภายในอาคารเอง มลพิษทางอากาศจากภายนอกอาคารและจากพื้นดิน ได้แก่ เรดอน สารกำจัดแมลงและวัชพืช ก๊าซและไอสารเคมีที่รั่วไหลจากภาชนะกักเก็บ มลพิษจากการจราจร เป็นต้น สิ่งปนเปื้อนจากภายในอาคารอาจมีสาเหตุจากแหล่งกำเนิดหลายประเภทภายในอาคาร เช่น เฟอร์นิเจอร์ สารทำความสะอาด รวมทั้งลักษณะ

กิจกรรมหรือลักษณะส่วนบุคคลของผู้อาศัยหรือผู้ใช้อาคาร นอกจากนี้สิ่งแวดล้อมภายในอาคารยังมีปฏิสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ระบบการก่อสร้าง ได้แก่ การออกแบบแรกเริ่มและการปรับปรุงในภายหลังเกี่ยวกับโครงสร้างและระบบเครื่องจักร รวมทั้งเทคนิคในการก่อสร้างและวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลให้เกิดปัญหาคุณภาพอากาศทั้งสิ้น (จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ, 2551)

**ตารางที่ 2.1** ชนิดและแหล่งกำเนิดของมลพิษอากาศภายในอาคาร

| ชนิด | แหล่งกำเนิด | ผลกระทบต่อสุขภาพ |
|---|---|---|
| แอสเบสตอส | ฉนวนกันความร้อน แผ่นไวนิล และผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ | ระคายเคืองผิวหนัง มะเร็งปอด |
| ละอองชีวภาพ (bioaerosol) | ผู้ป่วยติดเชื้อ จุลชีพในระบบปรับอากาศ บริเวณที่เปียกชื้น | โรคติดเชื้อ โรคภูมิแพ้ และโรคหอบหืด |
| คาร์บอนไดออกไซด์ | ยานพาหนะ เตาประกอบอาหาร เตาผิง ควันบุหรี่ และมนุษย์ | วิงเวียน ปวดศีรษะ คลื่นไส้ |
| คาร์บอนมอนอกไซด์ | ยานพาหนะ เตาประกอบอาหาร เตาผิง เครื่องทำความร้อน ควันบุหรี่ | วิงเวียน ปวดศีรษะ คลื่นไส้ เสียชีวิต |
| ฟอร์มาลดีไฮด์ | โฟมกันไฟ ไม้อัด ฝ้าเพดาน วงกบประตู และโครงสร้างอื่นๆ | ระคายเคืองผิวหนัง สารก่อมะเร็ง |
| ฝุ่นละอองขนาดเล็ก | ควันบุหรี่ เตาผิง ฝุ่นจากภายนอกการเผาไหม้อื่นๆ เช่นการเผาขยะ | ระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ สารก่อมะเร็ง |
| ฝุ่นอนินทรีย์ | | |
| ไนเตรต ($NO^{-}_{3}$) | จากอากาศภายนอก | |
| ซัลเฟต ($SO^{2-}_{4}$) | จากอากาศภายนอก | |
| ฝุ่นโลหะ | | เป็นพิษ สารก่อมะเร็ง |
| สารหนู (As) | ควันบุหรี่ ยาฆ่าแมลง ยาเบื่อหนู | |
| แคดเมียม (Cd) | ควันบุหรี่ ยาฆ่ารา | |
| ปรอท (Hg) | การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล | |
| ไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$) | เครื่องทำความร้อน เตาประกอบอาหาร ยานพาหนะ | ระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ |
| โอโซน($O_3$) | เครื่องถ่ายเอกสาร ชุดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ อากาศภายนอก | ระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ |
| สารฆ่าแมลง | การใช้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร | สารก่อมะเร็ง |

**ตารางที่ 2.1** ชนิดและแหล่งกำเนิดของมลพิษอากาศภายในอาคาร (ต่อ)

| ชนิด | แหล่งกำเนิด | ผลกระทบต่อสุขภาพ |
|---|---|---|
| ก๊าซเรดอน (Rn) | ระเหยจากดินและซึมเข้าอาคาร | มะเร็งปอด |
| ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) | การเผาไหม้ถ่านหินและน้ำมันในเครื่องทำความร้อน จากภายนอก | ระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ |
| สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) | ควันบุหรี่ การประกอบอาหาร สีทาผนัง น้ำยาทำความสะอาด พรม เฟอร์นิเจอร์ | สารก่อมะเร็ง |

ที่มา: Botkin and Keller, 2003

## 2.3 ผลกระทบต่อสุขภาพของผู้อาศัยในอาคาร

การเจ็บป่วยหรือโรคที่เกิดขึ้นจากการทำงานในอาคารนั้น ไม่รุนแรงและเฉียบพลันเหมือนโรคติดเชื้อบางชนิด แต่มีผลทำให้เกิดอาการทางกาย และส่งผลให้ทำงานมีประสิทธิภาพในการทำงานลดลง ลักษณะอาการของโรคจากการทำงานในอาคารมีผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดขึ้นสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม

### 2.3.1 กลุ่มอาการอาคารป่วย (Sick Building Syndrome: SBS)

เป็นกลุ่มอาการที่เกิดขึ้นกับกลุ่มคนทำงานในสำนักงาน มีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่อยู่ในอาคาร อาการต่างๆ จะหายไปเมื่อออกจากอาคาร และไม่สามารถบ่งชี้มลพิษหรือแหล่งมลพิษได้ สามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ (ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล, 2548)

(1) กลุ่มอาการระคายเคืองตา (Eye irritation) มีอาการตาแห้ง แสบตา น้ำตาไหล ตาแดง ระคายเคืองตา จะเป็นมากในรายที่ใส่ Contact lens

(2) กลุ่มอาการคัดจมูก (Nasal manifestation) มีอาการคัดจมูก ระคายเคืองจมูก จาม ไอ คล้ายโรคภูมิแพ้และมีอาการตลอดเวลาเมื่ออยู่ในอาคาร

(3) กลุ่มอาการทางลำคอ (Throat and respiratory tract symptom) มีอาการคอแห้ง ระคายคอ หายใจลำบาก

(4) กลุ่มอาการทางผิวหนัง (Skin problems) มีอาการผิวหนังแห้ง คัน เป็นผื่น ผิวหนังอักเสบ

(5) กลุ่มอาการปวดศีรษะ มึนงง เมื่อยล้า (Headaches, Dizziness, Fatigue) มีอาการปวดศีรษะบริเวณหน้าผาก เหนื่อยล้า มึนงง ขาดสมาธิในการทำงาน

2.3.2 การเจ็บป่วยที่เกี่ยวเนื่องกับอาคาร (Building – Related Illness: BRI)

เป็นการเจ็บป่วยที่เกิดจากการทำงานในอาคาร โดยสามารถระบุสาเหตุของการเจ็บป่วยได้อย่างชัดเจนว่าเป็นผลมาจากมลพิษที่ปนเปื้อนมาในอาคาร เช่น โรคภูมิแพ้จากฝุ่นหรือสัตว์ โรคลีจีแนร์ (Legionnaire disease) ที่เกิดจากเชื้อลีจิโอเนลลา นิวโมฟิวลา (*Legionella Pneumophila*) การเจ็บป่วยในลักษณะนี้อาการจะไม่หาย ถึงแม้ว่าจะออกไปจากอาคารแล้วก็ตาม และใช้เวลานานกว่าอาการจะหายไป (สมชัย บวรกิตติ และนิตยา จันทร์เรือง มหาผล, 2546)

**2.4 การแก้ปัญหาคุณภาพอาคารในอาคาร**

2.4.1 การจัดการแหล่งกำเนิด

การจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคาร เพื่อให้อากาศในอาคารมีคุณภาพดี เหมาะแก่การอยู่อาศัย สามารถดำเนินการได้โดยอาศัยหลักการและวิธีการต่างๆ ดังนี้ (จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ, 2551)

(1) ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ที่นำเข้ามาในอาคารต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดในหรือมาตรฐานตามค่าแนะนำของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย หรือมาตรฐานของหน่วยงานของรัฐต่างๆ แล้วแต่ว่าค่าที่กำหนดของหน่วยงานใดจะมากกว่ากัน เพื่อลดความเข้มข้นของสิ่งสกปรกต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในอาคาร (ASHRAE standard 62,1989)

(2) ช่องนำอากาศบริสุทธิ์ (Fresh air grille) ควรอยู่ห่างจากบริเวณอากาศสกปรกภายนอกอาคาร เช่น ถนนที่มีการจราจรหนาแน่น ที่จอดรถ ช่องระบายอากาศเสียของห้องน้ำ และห้องครัวของอาคาร โดยทั่วไปขอบล่างของช่องนำอากาศบริสุทธิ์ควรสูงจากระดับดินไม่น้อยกว่า 2 เมตร หรือสูงจากพื้นหลังคาไม่ต่ำกว่า 1 เมตร

(3) ช่องระบายอากาศออกจากอาคาร (Exhaust air grille) ควรอยู่ห่างจากช่องอากาศบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 9 เมตร หรืออยู่ที่กำแพงคนละด้าน โดยคำนึงถึงทิศทางลมในแต่ละฤดูกาลหรือผลจากลมที่ปะทะกับอาคารข้างเคียงประกอบด้วย เพื่อป้องกันมิให้อากาศสกปรกไหลย้อนกลับเข้าสู่ตัวอาคารอีก

(4) ปริมาณลมถ่ายเทภายในอาคารต้องไม่น้อยกว่า 6 -10 เท่า ของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง (Air change per hour) เพื่อให้อากาศบริสุทธิ์ สามารถกระจายไปสู่ส่วนต่างๆ ของอาคารอย่างทั่วถึงและรวดเร็ว

(5) การควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงานต้องไม่ทำให้คุณภาพอากาศในอาคารลดลง เช่น

- การควบคุมการเปิดและปิดระบบปรับอากาศ (Optimum start control and optimum stop control) ต้องไม่ช้าเกินไปในตอนเช้าและไม่เร็วเกินไปในตอนเย็น เพื่อให้มีการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาอย่างเพียงพอในขณะที่ยังมีคนทำงานอยู่ในอาคาร และเพื่อระบายอากาศสกปรกที่ยังตกค้างอยู่ให้หมดไปหลังเลิกงานแล้ว อาจทำโดยให้เครื่องเป่าลมเย็นยังคงทำงานอยู่แม้เครื่องปรับอุณหภูมิ (Chiller) จะมิได้ทำงานเนื่องจากการควบคุมของระบบเปิดและปิดระบบปรับอากาศแล้ว

- การควบคุมรอบการทำงาน (Duty cycling control) ของระบบระบายอากาศต้องไม่นานเกินไป เพราะหากนานเกินไปจะทำให้เกิดการสะสมของสิ่งสกปรกในอาคารและเป็นอันตรายต่อผู้อาศัย

(6) ควรติดตั้งพัดลมดูดอากาศเสียออกจากบริเวณพื้นที่ของอาคารที่มีอากาศสกปรกมาก เช่น บริเวณห้องน้ำ โรงพิมพ์ ห้องถ่ายเอกสาร ห้องทดลองปฏิบัติการ ห้องครัว เป็นต้น ในบางกรณีควรใช้ท่อดูด (Hood) ที่มีประสิทธิภาพสูงร่วมกับพัดลมดูดอากาศด้วย เพื่อให้การระบายอากาศเสียเป็นไปอย่างได้ผล เช่น การใช้ท่อดูดควัน (Fume hood) ในห้องปฏิบัติการ การใช้ท่อดูดในห้องครัว (Kitchen range hood) เป็นต้น

(7) รักษาความดันอากาศในห้องที่สกปรกให้ต่ำกว่าห้องข้างเคียง เพื่อป้องกันมิให้สิ่งสกปรกกระจายไปสู่ส่วนอื่นๆ ของอาคาร เช่น ห้องสูบบุหรี่ ห้องผ่าตัด ห้องสะอาด เป็นต้น

(8) เครื่องเพิ่มความชื้น (Humidifier) ใช้เพิ่มความชื้นให้แก่ระบบปรับอากาศ เช่น ศูนย์คอมพิวเตอร์ในโรงงานผลิตชิ้นส่วน สารกึ่งตัวนำ ควรเป็นแบบต้มน้ำให้กลายเป็นไอแล้วฉีดไอน้ำเข้าไปในอากาศ โดยน้ำที่ใช้ควรมีการปรับสภาพให้สะอาดเพื่อมิให้สิ่งสกปรกปนเปื้อนกับบรรยากาศในอาคาร

(9) ระบบปรับอากาศต้องสามารถใช้และบำรุงรักษาได้ง่าย โดยเฉพาะส่วนที่มีความชื้นและมีน้ำขังอยู่เป็นประจำ เช่น ถาดน้ำทิ้งของเครื่องเพิ่มความชื้น คอยล์ทำความเย็น แผงกรองอากาศหอผึ่งน้ำ เป็นต้น เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อรา

(10) ติดตั้งระบบกรองอากาศที่เหมาะสมสำหรับอากาศบริสุทธิ์และอากาศหมุนเวียนในอาคาร แผ่นกรองอากาศที่ใช้นั้นขึ้นอยู่กับระดับของความสะอาดที่ต้องการและชนิดของสิ่งสกปรกที่เกิดขึ้นในอาคาร

(11) ควบคุมอุณหภูมิของอากาศภายในอาคารให้อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมที่ 76°ฟ (24 $^{0}$ซ) (แปรผันได้ระหว่าง 73 - 79 $^{0}$ฟ หรือ 23 - 26 $^{0}$ซ ได้โดยเป็นที่ยอมรับของร้อยละ 80 ของผู้อยู่ในอาคาร) ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ควรอยู่ระหว่างร้อยละ 20 – 60

2.4.2 การระบายอากาศ

เกณฑ์มาตรฐานเกี่ยวกับความเข้มข้นของมลพิษของ ASHRAE ซึ่งเป็นมาตรฐานของการระบายอากาศที่ยอมรับได้ (ตารางที่ 2.2) เป้าหมายของมาตรฐานนี้คือ การระบุอัตราการระบายอากาศในปริมาณน้อยที่สุดและค่าความเข้มข้นของดัชนีคุณภาพอากาศภายในอาคารซึ่งสามารถยอมรับได้สำหรับมนุษย์ผู้อาศัยหรือผู้ใช้อาคาร เพื่อมิให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจจะเกิดขึ้นได้

**ตารางที่ 2.2** ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร

| ปัจจัยคุณภาพอากาศ | ค่ามาตรฐานที่กำหนด | ระยะเวลา | มาตรฐานอ้างอิง |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิ | 20-26 $^{0}$C | ตลอดเวลา | - ASHRAE Standard 55 |
| ความชื้นสัมพัทธ์ | 30-60% | ตลอดเวลา | - ASHRAE Standard 62 |
| ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ | 1,000 ppm | ตลอดเวลา | - ASHRAE Standard 62 |
| ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ | 25 ppm | 8 ชั่วโมง | - ACGIH (2003) |
| อนุภาคขนาดเล็ก (PM10) | 0.05 mg/m$^{3}$ | 24 ชั่วโมง | - ASHRAE Standard 62 |
| อนุภาคขนาดเล็ก (PM 2.5) | 0.015 mg/m$^{3}$ | 24 ชั่วโมง | - ASHRAE Standard 62 |
| เชื้อรา | 50 CFU/m$^{3}$ | ตลอดเวลา | - WHO(1998) |
| เชื้อแบคทีเรีย | 100 CFU/m$^{3}$ | ตลอดเวลา | - WHO(1998) |

สำหรับประเทศไทยนั้น ยังไม่มีหน่วยงานใด กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารโดยตรง แต่ก็มีกฎหมายบางฉบับที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

- กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 หมวด 2 ระบบระบายอากาศ ระบบไฟฟ้า และระบบป้องกันเพลิงไหม้ได้กำหนดอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศในอาคารสูง หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษไว้ ได้แก่ ห้องพักในโรงแรมหรืออาคารชุด สำนักงาน ไม่น้อยกว่า 2 เท่าต่อชั่วโมง และโรงพยาบาลอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศไม่น้อยกว่า 2 เท่าต่อชั่วโมงในห้องผู้ป่วย

- ประกาศกระทรวงสาธารณสุขที่ 6/2538 เรื่อง กำหนดจำนวนคนต่อจำนวนพื้นที่ ของอาคารที่พักอาศัยที่ถือว่ามีคนอยู่มากเกินไป ภายใต้พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ได้กำหนดพื้นที่ในอาคารให้มีไม่น้อยกว่า 3 ตารางเมตรต่อคน และได้กำหนดค่าเดียวกันนี้สำหรับพื้นที่ของคนงานก่อสร้าง และของอาคารโรงงานในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 7/2538 และ 8/2538 ตามลำดับ

- พระราชบัญญัติคุ้มครองสุขภาพของผู้ไม่สูบบุหรี่ พ.ศ. 2535 ซึ่งกำหนดสถานที่หรือยานพาหนะใดๆ ที่เป็นสถานที่สาธารณะเป็นเขตปลอดบุหรี่ และได้กำหนดสภาพ ลักษณะและมาตรฐานของเขตปลอดบุหรี่ เกี่ยวกับการระบายควัน หรืออากาศ รวมทั้งได้มีการออกประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 10 พ.ศ. 2545 บังคับให้สถานที่สาธารณะ 19 ประเภท ซึ่งขณะทำการและให้บริการเป็นเขตปลอดบุหรี่โดยมีผลบังคับใช้แล้ว ตั้งแต่วันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2545

และทางหน่วยงาน ASHRAE ได้มีการนำเสนอแนะค่าอัตราการไหลของอากาศเข้าสู่อาคารสำหรับห้องลักษณะต่างๆ ของโรงพยาบาล ตามมาตรฐาน ASHRAE Standard 62-1989 (ตารางที่ 2.3) และวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ ได้ออกข้อแนะนำเฉพาะกาลสำหรับการออกแบบและติดตั้งระบบปรับอากาศและระบายอากาศของสถานพยาบาล โดยกำหนดให้อัตราการนำเข้าอากาศภายนอก อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้อง (ตารางที่ 2.4)

**ตารางที่ 2.3** อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่อาคารในห้องลักษณะต่างๆ ในโรงพยาบาลตามมาตรฐาน ASHRAE Standard 62-1989

| ลักษณะพื้นที่ | จำนวนคนต่อ 1,000 ตารางฟุต | อัตราการไหลของอากาศ ลูกบาศก์ฟุต/นาที/คน (cfm/person) |
|---|---|---|
| ห้องพักผู้ป่วย | 10 | 25 |
| ห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ | 20 | 15 |
| ห้องผ่าตัด | 20 | 30 |
| ห้องพักฟื้นและห้อง ICU | 20 | 15 |
| ห้องตรวจคนไข้โดยแพทย์ | 20 | 15 |

ที่มา : กรมควบคุมโรค, 2551

**ตารางที่ 2.4** อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้องสำหรับห้องต่างๆ ในโรงพยาบาล

| ลำดับ | สถานที่ | อัตราการนำเข้าอากาศภายในห้องไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง | อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้องไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง | ความดันสัมพันธ์กับพื้นที่ข้างเคียง |
|---|---|---|---|---|
| 1 | ห้องผ่าตัด | 5 | 25 | สูงกว่า |
| 2 | ห้องคลอด | 5 | 25 | สูงกว่า |
| 3 | ห้อง Nursery | 5 | 12 | สูงกว่า |
| 4 | ห้องตรวจรักษาผู้ป่วย | 5 | 6 | สูงกว่า |
| 5 | ห้องฉุกเฉิน (Trauma Room) | 5 | 12 | สูงกว่า |
| 6 | บริเวณพักคอยสำหรับผู้ป่วยนอก | 2 | 12 | ต่ำกว่า |
| 7 | ห้องพักผู้ป่วย | 2 | 6 | สูงกว่า |
| 8 | ห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ | 2 | 12 | ต่ำกว่า |
| 9 | ห้องแยกผู้ป่วยปลอดเชื้อ | 2 | 12 | สูงกว่า |
| 10 | ห้องปฏิบัติการ (Laboratory) | 2 | 6 | ต่ำกว่า |

ที่มา : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2551

การศึกษาของ NIOSH พบว่า ร้อยละ 35 ของปัญหาคุณภาพอากาศในอาคารมีสาเหตุมาจากการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ (Godish, 2004) ซึ่งการระบายอากาศจะช่วยเจือจางระดับมลสารในพื้นที่อาคารด้วยอากาศจากภายนอกที่มีระดับมลสารต่ำกว่า โดยส่วนใหญ่ปัญหาการระบายอากาศไม่เพียงพอเกิดจาก (ปุญญานิช บริเวธานันท์, 2549)

(1) การนำอากาศภายนอกเข้าไปในอาคารไม่เพียงพอ

(2) การกระจาย และการผสมผสานอากาศภายในอาคารไม่เพียงพอ เช่น ภายในห้องโถงใหญ่ การระบายอากาศจะดีกว่าห้องที่ถูกกั้นเป็นสัดส่วน

(3) อุณหภูมิและความชื้นสูงหรือไม่คงที่

(4) ระบบฟอกอากาศทำงานไม่มีประสิทธิภาพ

การระบายอากาศอาจแบ่งได้ตามกระบวนการ คือ การแทรกผ่านรอยแยกอาคาร (Infiltration และ Exfiltration) การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural ventilation) และการระบายอากาศเชิงกล (Mechanical ventilation) (Godish, 2004)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

(1) การแทรกผ่านรอยแยกอาคาร (Infiltration และ Exfiltration)

โครงสร้างของอาคารทุกแห่งมีหลายช่องทางที่ยอมให้อากาศแทรกซึมเข้าและออก ไม่ว่าจะเป็นรอยแตกของอาคาร ช่องระหว่างวงกบประตู หน้าต่าง และฐานของอาคาร ปัจจัยที่ส่งผลต่อการแทรกผ่านของอากาศตามรอยแยก คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิภายใน ภายนอกอาคาร และความเร็วลม อากาศจะระบายได้ดีในวันที่อากาศภายในและภายนอกมีอุณหภูมิแตกต่างกันมาก มีลมแรง และอากาศจะถ่ายเทได้น้อยในวันที่ลมสงบ อุณหภูมิภายในและภายนอกมีความแตกต่างกันน้อย เนื่องจากอุณหภูมิที่แตกต่างกันส่งผลให้มีความดันอากาศภายในและภายนอกไม่เท่ากัน เกิดการถ่ายอากาศออกจากอาคาร การระบายอากาศชนิดนี้เกิดกับอาคารทุกแห่ง แต่จะมีบทบาทมากในอาคารปิด โดยเฉพาะอาคารที่ไม่มีการระบายอากาศชนิดอื่น เช่น การใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วน โดยไม่มีพัดลมดูดอากาศ

(2) การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural ventilation)

การระบายอากาศแบบธรรมชาติจากการเปิดหน้าต่าง หรือประตู เกิดช่องเปิดที่ยอมให้อากาศจากภายนอกเข้าไปหมุนเวียนในอาคารและเจือจางสารมลสาร อัตราการแลกเปลี่ยนแบบธรรมชาติขึ้นอยู่กับปริมาณและตำแหน่งของหน้าต่าง หรือประตู และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม คือ อุณหภูมิอากาศ และความเร็วลม ส่วนมากแล้วการระบายอากาศแบบธรรมชาติจะควบคู่ไปกับการใช้พัดลมชนิดต่างๆ ในอาคารเพื่อลดอุณหภูมิในห้อง

(3) การระบายอากาศเชิงกล (Mechanical ventilation)

การระบายอากาศแบบเชิงกลนิยมใช้กันแพร่หลาย เพื่อควบคุมปริมาณสารปนเปื้อนทั้งในอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ อาคารพาณิชย์ และอาคารสถาบันการศึกษา โดยอาจแบ่งเป็นการระบายอากาศของทั้งอาคาร หรือเฉพาะพื้นที่บางส่วน การระบายอากาศเชิงกลมีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อ เจือจางระดับมลสารในอาคาร โดยเมื่อปริมาตรอากาศหมุนเวียนเป็น 2 เท่าของปริมาตรอากาศภายในอากาศ ระดับมลสารจะลดลงร้อยละ 50 ประสิทธิภาพเจือจางสิ่งปนเปื้อนในอาคารจะดีที่สุดกับมลสารเกิดขึ้นเป็นครั้งคราว เช่น การสูบบุหรี่ แต่ประสิทธิภาพจะลดลงกับมลสารที่ถูกปลดปล่อยอย่างต่อเนื่องจากการแพร่การระบายอากาศเฉพาะที่ใช้กับแหล่งกำเนิดที่ระบุได้แน่นอนปลดปล่อยมลสารปริมาณมาก และปลดปล่อยเฉพาะพื้นที่ นิยมใช้ในการควบคุมกลิ่นจากห้องน้ำควบคุมมลสารจากการเผาไหม้ และกลิ่นจากห้องครัว หรือลดกลิ่น และก๊าซจากห้องปฏิบัติการของสถาบันการศึกษา

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 25 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 247955
เลขเรียกหนังสือ

2.4.3 การฟอกอากาศ

ระบบฟอกอากาศออกแบบมาเพื่อลดปริมาณสารปนเปื้อนในอาคารในรูปของฝุ่นละอองหรือก๊าซ ซึ่งเครื่องฟอกอากาศส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในท้องตลาดถูกออกแบบมาเพื่อลดมลสาร

ในรูปของอนุภาค และไม่สามารถลดปริมาณของก๊าซในอากาศได้ ประสิทธิภาพของเครื่องฟอกอากาศขึ้นอยู่กับความสามารถในการกรองมลสารออกจากอากาศ และปริมาตรอากาศที่ผ่านระบบหรือแผ่นกรองอากาศประกอบกัน จึงไม่ควรเลือกใช้เครื่องที่กรองมลสารได้มากแต่มีอัตราการไหลออกต่ำหรือเครื่องที่มีอัตราการไหลอากาศสูงแต่กรองมลสารได้น้อย นอกจากนี้ประสิทธิภาพของเครื่องกรองฟอกอากาศขึ้นกับการบำรุงรักษาตามคู่มือการใช้งานอย่างเคร่งครัด เช่น การเปลี่ยนแผ่นกรอง หรือทำความสะอาดตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ (U.S.EPA, 1995)

## 2.5 ฝุ่นละอองในอากาศ

เนื่องจากกระบวนการเกิดของอนุภาคมีความหลากหลาย ส่งผลให้ขนาด รูปร่าง องค์ประกอบ และผลกระทบของฝุ่นละอองมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีการกำหนดคำศัพท์ที่กำหนดไว้เรียก ฝุ่นละอองมากมาย คำศัพท์ที่พบบ่อยได้แก่

ละออง (Aerosol) หมายถึงอนุภาคของเหลวหรือของแข็งลอยในอากาศ

ฝุ่นละออง (Particulate matter) หมายถึงอนุภาคของแข็งและของเหลวที่แขวนลอยในอากาศ

ฝุ่นละอองรวม (Suspended particulate matter: SPM หรือ total suspended particulate; TSP)

ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM10) หรือ ฝุ่นหยาบ (Coarse particle) เป็นอนุภาคที่มีขนาด 2.5 - 10 ไมครอน (ซึ่งเป็นขนาดที่สามารถเข้าสู่ปอดได้)

ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร (PM2.5) หรือ ฝุ่นละเอียด (Fine particle) เป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (ซึ่งเป็นขนาดที่สามารถเข้าสู่ปอดได้)

อนุภาคขนาดเล็กมาก (Ultrafine particle หรือ Nanoparticle) อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมโครเมตร หรือขนาดอยู่ในหน่วยนาโนเมตร

ควัน (Smoke) หมายถึงอนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ประกอบด้วยคาร์บอนและก๊าซระเหยง่ายควบแน่น ส่วนใหญ่มีขนาดต่ำกว่า 1 ไมโครเมตร

American conference of governmental industrial hygienists - ACGIH ได้จำแนกประเภทของอนุภาคตามขนาดที่มีผลกระทบต่อสุขภาพแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ (สุวัชร์ บัวแย้ม, 2551)

(1) อนุภาคที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนต้นได้ (Inhalable particulate matter; IPM) หมายถึงอนุภาคที่อาจก่อให้เกิดอันตรายเมื่อสะสมในบริเวณต่างๆ ของระบบทางเดินหายใจ

(2) อนุภาคที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจบริเวณช่องอกได้ (Thoracic particulate matter: TPM) หมายถึงอนุภาคที่จะก่อให้เกิดอันตราย เมื่อสะสมอยู่บนตำแหน่งใดๆ ของท่อลมและบริเวณแลกเปลี่ยนก๊าซในปอด

(3) อนุภาคที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจบริเวณแลกเปลี่ยนก๊าซได้ (Respirable particle matter: RPM) หมายถึงอนุภาคที่จะก่อให้เกิดอันตราย เมื่อสะสมอยู่ในบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซของปอด

### 2.5.1 แหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองในอากาศ

แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในบรรยากาศ คือ (กรมควบคุมมลพิษ, 2552-ก)

(1) ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural particle) ได้แก่ ดิน ทราย หิน ละออง ไอน้ำ เขม่าควันจากไฟป่า และฝุ่นเกลือจากทะเล เป็นต้น

(2) ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man-made particle) ได้แก่

- ฝุ่นจากการคมนาคมขนส่งและการจราจร เช่น ฝุ่นดินทรายที่ฟุ้งกระจายในถนน ขณะที่รถยนต์วิ่งผ่าน ฝุ่นดินทรายที่หล่นจากการบรรทุกขนส่ง การกองวัสดุสิ่งของบนทางเท้าหรือบนเส้นทางการจราจร
- ฝุ่นจากการก่อสร้าง เช่น ฝุ่นจากการสร้างถนน/อาคาร การปรับปรุงผิวการจราจร การรื้อถอนอาคารและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ การก่อสร้างเพื่อติดตั้งหรือปรับปรุงระบบสาธารณูปโภค
- ฝุ่นจากการประกอบการอุตสาหกรรม เช่น การทำปูนซีเมนต์ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับหิน กรวด ทราย หรือดิน สำหรับใช้ในการก่อสร้างอย่างใดอย่างหนึ่ง การโม่บดหรือย่อยหิน การร่อนหรือการคัดกรวดหรือทราย
- ฝุ่นจากการประกอบกิจกรรม อื่นๆ เช่น การทำความสะอาด การทำอาหาร การทาสี เป็นต้น

### 2.5.2 ขนาดของฝุ่นละออง

ขนาดของอนุภาคในอากาศอาจแบ่งได้ตามขนาดเรียกว่า Mass Median Diameter (MMD) ได้แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ (McClellan, 2000)

(1) Coarse Mode Fraction มีขนาด 2.5-10 ไมครอน จะสะสมอยู่ที่ทางเดินหายใจส่วนต้นและส่วนกลาง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

(2) Fine Mode Fraction มีขนาด 0.5-2.5 ไมครอน สามารถลงไปในหลอดลมปอดขนาดเล็กส่วนปลายและในถุงลมปอดได้

(3) Smallest Particulate มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน จะลอยเข้าออกตามลมหายใจ

2.5.3 ผลกระทบของฝุ่นละออง (กรมควบคุมมลพิษ, 2552-ก)

(1) สภาพบรรยากาศทั่วไป

ฝุ่นละอองจะลดความสามารถในการมองเห็น เนื่องจากฝุ่นละอองในบรรยากาศทั้งที่เป็นของแข็ง และของเหลวสามารถดูดซับและหักเหแสงได้ ทำให้ทัศนะวิสัยในการมองเห็นเสื่อมลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาด ความหนาแน่น และองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองนั้น

(2) วัตถุและสิ่งก่อสร้าง

ฝุ่นละอองในบรรยากาศสามารถทำอันตรายต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้างได้ เช่น การสึกกร่อนของโลหะ การทำลายผิวหน้าของสิ่งก่อสร้าง การเสื่อมคุณภาพของผลงานทางศิลปะ ความสกปรก/เลอะเทอะของวัตถุ เป็นต้น

(3) สุขภาพอนามัยของมนุษย์

ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษหรือเหตุเดือดร้อนรำคาญ ส่วนฝุ่นละอองที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ฝุ่นละอองขนาดเล็กเหล่านี้ เมื่อเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจจะเกาะตัวหรือตกตัวได้ในส่วนต่างๆ ของระบบทางเดินหายใจ ก่อให้เกิดการระคายเคืองและทำลายเนื้อเยื่อของอวัยวะนั้นๆ เช่น เนื้อเยื่อปอด ซึ่งหากได้รับในปริมาณมากหรือในช่วงเวลานานจะสามารถสะสมในเนื้อเยื่อปอด เกิดเป็นพังผืดหรือแผลขึ้นได้ และทำให้การทำงานของปอดเสื่อมประสิทธิภาพลงทำให้หลอดลมอักเสบเกิดหอบหืดถุงลม โป่งพอง และโอกาสเกิดโรคระบบทางเดินหายใจเนื่องจากติดเชื้อเพิ่มขึ้นได้

## 2.6 แบคทีเรีย

แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ชนิดโปรคารีโอต (Prokaryote) มีขนาดและรูปร่างต่างกัน แบคทีเรียส่วนมากมีความยาวเซลล์ตั้งแต่ 0.75-4.0 ไมครอน และเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5-1 ไมครอน แบคทีเรียส่วนใหญ่ตัวโปร่งแสงและมีดัชนีหักเหคล้ายของเหลวที่มันอาศัยอยู่ ดังนั้นการจะให้เห็นตัวชัดเจนต้องอาศัยการย้อมสี (ฆริกา คุ้มไทย, 2545)

2.6.1 สัณฐานวิทยา

แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่สามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ แบคทีเรียส่วนมากมีรูปร่างที่แน่นอน คือ เป็นทรงกลม เป็นแท่ง หรือเป็นเกลียว มีการเรียงตัวที่ค่อนข้างคงที่ ได้แก่ เป็นกลุ่ม เป็นคู่ เป็นสาย จากลักษณะรูปร่างและการเรียงตัวทำให้จัดแบคทีเรียออกเป็นหมวดหมู่ได้

โดยทั่วไปสามารถจำแนกแบคทีเรียตามรูปร่างพื้นฐานออกเป็น 3 พวกใหญ่ๆ คือ (กฤตกรณ์ ประทุมวงษ์, 2545)

(1) ทรงกลม (Coccus)

เป็นพวกที่มีลักษณะกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง ด้านกว้างและด้านยาวใกล้เคียงกันมาก บางชนิดอาจมีรูปทรงกลมที่เพี้ยนไปบ้าง เช่น รูปร่างกลมที่มีซีกด้านข้างหนึ่งแบนคล้ายรูปไต นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งตามลักษณะการเรียงตัวได้

(2) ทรงท่อน (Bacilli)

เป็นพวกที่มีลักษณะเป็นท่อนตรง ท่อนสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปท่อนอ้วน สั้น คล้ายรูปไข่ รูปทรงกระบอก รวมเรียกว่า *Bacillus*

(3) ทรงเกลียว (Spirals)

เป็นพวกที่มีลักษณะเป็นเกลียวคล้ายสว่านซึ่งอาจถือได้ว่าเป็นบาซิลไลที่ โค้งงอ และต่อกันจนเป็นเกลียวความโค้งงอมีหลายระดับ พวกวิบริโอ (Vibrios) เป็นสไปรัลที่โค้งคล้ายเครื่องหมาย $\gamma$ พวกที่เป็นสไปรัลที่แท้จริงมี 2 พวก คือ เกลียวแข็งคงตัว ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Spirillum* เช่น *Treponema pullidum* และพวกเป็นเกลียวที่ยืดหยุ่นเรียกว่า Spirochetes

นอกจากนี้ยังสามารถจำแนกแบคทีเรียได้อีกโดยการอาศัยสมบัติในการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง (Hemolysis) บนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Blood agar โดยแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ (ฆริกา คุ้มไทย, 2545)

(1) $\beta$-hemolysis มีการสลายเม็ดเลือดแดงได้อย่างสมบูรณ์ (Complete hemolysis) ทำให้รอบโคโลนีเป็นวงใสเกิดขึ้น เกิดจากเม็ดเลือดเลือดแดงใน Blood agar แตกสลายไปโดยเอนไซม์ Hemolysin หรือ Streptolysin ที่เชื้อสร้างขึ้นและปล่อยออกมา เช่น *Streptococcus pyogenes*

(2) $\alpha$-hemolysis มีการสลายเม็ดเลือดแดงไม่สมบูรณ์ (Partial หรือ Incomplete hemolysis) เม็ดเลือดแดงถูกทำลายเพียงบางส่วนแต่ยังไม่สลาย อาหารเลี้ยงเชื้อโดยรอบโคโลนีเปลี่ยนเป็นสีเขียวปนน้ำตาล เช่น *Streptococcus pneumoniae*

(3) γ-hemolysis ไม่มีการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง (non hemolysis) บริเวณโดยรอบโคโลนีจะมีการเปลี่ยนแปลง ไม่มีการเปลี่ยนสีและการย่อยสลายเม็ดเลือดแดงในอาหารเลี้ยงเชื้อ เนื่องจากเอนไซม์ Hemolysin

2.6.2 การเจริญเติบโตและการแพร่พันธุ์ (จุฑามาศ เทพชัยศรี, 2542)

(1) การเจริญเติบโต (Growth) หมายถึงการเพิ่มจำนวนโดยการแบ่งตัวเองจาก 1 เซลล์เป็น 2 เซลล์

(2) การเจริญพันธุ์ (Reproduction) หมายถึงการสร้างแบคทีเรียเซลล์ใหม่ขึ้นซึ่งก็คือจำนวนของแบคทีเรียเพิ่มมากขึ้นด้วย

ในกรณีที่สภาพแวดล้อมและอาหารยังอยู่ในสภาพที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียนั้น แบคทีเรียมีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนในอัตราที่คงที่สม่ำเสมอ แบคทีเรียแต่ละชนิดมีระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนไม่เท่ากัน แบคทีเรียที่เจริญเติบโตช้า เช่น แบคทีเรียพวก *Mycobacterium* จะมีระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนยาว ส่วนแบคทีเรียที่เจริญเร็วจะมีระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนสั้น โดยแบคทีเรียชนิดเดียวกันอาจมี ระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนสั้นจำนวนไม่เท่ากัน ถ้าเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อและสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน

แบคทีเรียทุกชนิดต้องการน้ำ อาหาร แร่ธาตุ ฯลฯ สำหรับการเจริญ นอกจากนี้หลายชนิดยังต้องการกรดอะมิโน วิตามิน และสารประกอบเชิงซ้อนบางอย่างที่มันไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้ อาหารเมื่อผ่านเข้าไปในเซลล์แล้ว ก็จะนำไปสร้างส่วนประกอบของเซลล์หรือให้พลังงานแก่เซลล์ ได้แก่

(1) แหล่งพลังงาน ได้จากการสลายสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ แต่บางชนิดใช้แสงสว่างเป็นแหล่งของพลังงานได้

(2) แหล่งคาร์บอน พวกที่หากินได้เอง (Autotroph) ได้แหล่งคาร์บอนจากคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนพวกอื่นๆ ได้จากสารประกอบอินทรีย์ เช่น น้ำตาล คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน

(3) แหล่งของไนโตรเจน บางชนิดสามารถใช้ก๊าซไนโตรเจนในอากาศได้บางชนิดในรูปของสารอนินทรีย์ เช่น เกลือแอมโมเนีย บางชนิดก็ได้จากสารอาหารพวกโปรตีน

(4) แร่ธาตุต่างๆ เช่น P, K, Mg, Fe, Mn, Ca, Cu, Zn, CO มีความต้องการน้อยแล้วแต่ชนิดของแบคทีเรีย

(5) วิตามิน มีความสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์ วิตามินบางชนิด แบคทีเรียสามารถสังเคราะห์ได้เองแต่บางชนิดต้องใส่ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อ

เนื่องจากแบคทีเรียมีความต้องการสารอาหารไม่เหมือนกันทำให้เราแบ่งแบคทีเรียออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

(1) Autotroph จัดเป็นพวกที่สร้างอาหารได้เองต้องการสารเคมีที่ไม่ซับซ้อน สามารถเปลี่ยนสารประกอบเหล่านี้ไปเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่สลับซับซ้อน เป็นไขมัน โปรตีน วิตามิน รวมทั้งส่วนประกอบสำคัญอย่างอื่นภายในเซลล์ได้

(2) Heterotroph ไม่สามารถสร้างอาหารได้เอง ในการเจริญต้องพึ่งพาสารอาหารสารจากสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เป็นพวกที่ต้องการสารอาหารที่มีส่วนประกอบสลับซับซ้อนมากขึ้น จำเป็นต้องใช้ C จากแหล่งคาร์บอน จากสารประกอบอินทรีย์จะใช้คาร์บอนไดออกไซด์เพียงอย่างเดียวไม่ได้พวกนี้มักจะไม่ทำให้เกิดโรคในคน

2.6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

- ทางกายภาพ

ในการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย นอกจากอาหารแล้วแบคทีเรียยังต้องการสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน มีผลทำให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียแตกต่างกันด้วย ได้แก่ (จุฑามาศ เทพชัยศรี, 2542)

(1) ความชื้นสัมพัทธ์ มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์จะมีผลต่อการสูญเสียน้ำในเซลล์ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง นอกจากนี้แบคทีเรียแกรมลบที่อยู่ในละอองอากาศจะดำรงชีวิตได้นานขึ้น ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ในทางตรงข้ามแบคทีเรียแกรมบวกจะดำรงชีวิตได้นานขึ้น ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์สูง

(2) อุณหภูมิ แบคทีเรียต่างชนิดกันต้องการอุณหภูมิในการเจริญเติบโตไม่เหมือนกัน แบ่งแบคทีเรียออกเป็น 3 กลุ่ม ตามอุณหภูมิที่ใช้ในการเจริญเติบโต ดังนี้

- Psychrophile เป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ดีในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 15 $^{0}$ซ และบางชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่ 0 $^{0}$ซ ด้วย แต่ปรกติจะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า 20 $^{0}$ซ
- Mesophile ชอบเจริญเติบโตที่อุณหภูมิปานกลาง คือ ระหว่าง 20 – 45 $^{0}$ซ
- Thermophile ชอบเจริญเติบโตที่อุณหภูมิสูง คือ ระหว่าง 45-80 $^{0}$ซ

(3) ความเป็นกรดเป็นด่าง แบคทีเรียส่วนมากมักเจริญได้ดีในที่ pH ที่เป็นกลางหรือด่าง ได้มีการจัดแบคทีเรียออกเป็น 3 กลุ่ม ตามพีเอช ที่ใช้การเจริญเติบโต ดังนี้

- Acidophile เจริญได้ดีที่สุดที่ พีเอช ระหว่าง 1.0-5.5
- Neutrophile เจริญได้ดีที่สุดที่ พีเอช ระหว่าง 5.5-8.0
- Alkalophile เจริญได้ดีที่สุดที่ พีเอช ระหว่าง 8.5-11.5

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ถ้าแบคทีเรียไปอยู่ในสภาพที่พีเอชแตกต่างไปจากที่ๆ มันเคยอยู่ จะพบว่าเยื่อหุ้มเซลล์จะเกิดการฉีกขาด เอนไซม์หยุดการทำงาน การดูดซึมสารอาหารจะผิดปกติไป และในที่สุดแบคทีเรียก็จะตาย

(4) ออกซิเจน ในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียพบว่า แบคทีเรียแต่ละชนิดมีความต้องการออกซิเจนมากน้อยแตกต่างกัน จึงสามารถแบ่งแบคทีเรียออกเป็นกลุ่มต่างๆ คือ

- Alkalophile เจริญได้ดีที่สุดที่ พีเอช ระหว่าง 8.5-11.5
- Obligate aerobe เป็นแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโตโดยใช้ในขบวนการหายใจ แบคทีเรียกลุ่มนี้ถ้าขาดออกซิเจนจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้
- Facultative anaerobe เป็นแบคทีเรียที่เจริญเติบโตในที่ๆ มีหรือไม่มีออกซิเจนก็ได้แต่มักจะชอบออกซิเจนมากกว่า
- Aerotolerant anaerobe เป็นแบคทีเรียที่เจริญเติบโตได้ทั่วๆไปในที่ๆ มีหรือไม่มีออกซิเจนไม่มีความชอบออกซิเจนโดยเฉพาะ
- Obligate anaerobe เป็นแบคทีเรียที่ไม่ต้องการออกซิเจนเลย พลังงานที่เกิดขึ้นภายในเซลล์จะได้จากขบวนการหมัก (Fermentation) หรือ หายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic respiration)
- Microaerophile ต้องการออกซิเจนเพียงเล็กน้อย

(5) แสงสว่าง แบคทีเรียทั่วๆไปไม่ต้องการแสงสว่างในการเจริญ ยกเว้น photoautotroph เท่านั้น ที่ต้องการแสงสว่าง

(6) รังสีอัลตราไวโอเลต สามารถทำลาย จุลินทรีย์ รวมทั้ง แบคทีเรีย ไวรัส รา และโปรโตซัว โดยจะไปทำลายโครงสร้างของดีเอ็นเอซึ่งมีผลต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์

2.6.4 การก่อโรคโดยแบคทีเรียและแบคทีเรียสำคัญที่ก่อให้เกิดโรค (จุฑามาศ เทพชัยศรี, 2542)

(1) การก่อโรคโดยแบคทีเรีย

การมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ในร่างกาย เมื่อได้รับสารอาหารจากร่างกาย จึงเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนขึ้น โดยผู้ที่ให้จุลินทรีย์อยู่อาศัยเสียประโยชน์ แล้วเจ็บป่วย เรียกได้ว่ามีการติดเชื้อ (infection) เกิดขึ้น การติดเชื้อมีสาเหตุจากจุลินทรีย์ต่างๆ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส เชื้อรา โปรโตซัว เป็นต้น การติดเชื้อมีตำแหน่งจำนวนของเชื้อ และความรุนแรงของโรคมากน้อยต่างๆกัน การติดเชื้อในบางครั้งอาจจะไม่ทำให้เกิดโรคก็ได้ ในกรณีที่เกิดโรคหมายความว่า อวัยวะต่างๆภายในร่างกายของผู้ติดเชื้อไม่สามารถทำหน้าที่ได้ตามปกติ ทั้งนี้เพราะตัวเชื้อหรือพิษที่เชื้อสร้างขึ้นขัดขวางการทำงานของอวัยวะนั้นๆ ตัวเชื้อที่ทำให้เกิดโรคเรียกว่า pathogen ส่วนความสามารถในการก่อพยาธิสภาพของโรคเรียก pathogenicity

การที่มีเชื้อโรคอยู่ในร่างกายแล้วจะทำให้เกิดโรคหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ ปริมาณของเชื้อในร่างกาย ความรุนแรง (Virulence) ของเชื้อนั้นๆ และความแข็งแรงและความสามารถในการต้านทานเชื้อโรคของผู้ป่วย

โดยทั่วไปถ้าร่างกายได้รับเชื้อปริมาณมาก โอกาสจะเกิดโรคก็มาก แต่เชื้อบางชนิดมีความรุนแรงสูง ถึงแม้ว่าจะเข้าสู่ร่างกายในปริมาณน้อย ก็ทำให้เกิดโรคได้ และถ้าร่างกายอ่อนแอภูมิต้านทานลดต่ำ จะมีโอกาสติดเชื้อโดยง่ายด้วย โรคบางชนิดจัดได้ว่าเป็นโรคที่เกิดจากตัวผู้ป่วยเอง คือ มีเชื้ออาศัยอยู่ในร่างกายแล้วแต่ไม่แสดงอาการ เมื่อภูมิคุ้มกันลดต่ำลงหรือป่วยเป็นโรคบางชนิด เชื้อที่มีอยู่นั้นจะสามารถเจริญเติบโตขึ้น จนทำให้เกิดอาการปรากฏขึ้นเรียกโรคที่เกิดขึ้นเองนี้ว่า endogeneous disease พบว่า ผู้ป่วยที่เข้ารักษาในโรงพยาบาลนาน และมีภูมิคุ้มกันต่ำมักจะป่วยเป็นโรคดังกล่าวนี้

สำหรับคำว่า "Virulence" ในความหมายคือ พลังความสามารถในการทำให้เกิดโรคซึ่งจะต้องมี คุณสมบัติ 3 ประการ คือ

- Invasiveness ความสามารถในการบุกรุกแทรกแซงเข้าไปในเนื้อเยื่อ หรือบริเวณที่มีการติดเชื้อ
- Infectivity ความสามารถในการก่อให้เกิดการติดเชื้อ เชื้อมีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนมากขึ้นในร่างกาย
- Pathogenic potential ความสามารถในการทำให้เกิดพยาธิสภาพ หรือมีอาการปรากฏขึ้น

โรคบางชนิดไม่ได้เกิดจากตัวเชื้อโรค แต่เกิดจากพิษที่เชื้อสร้างขึ้น ความสามารถในการสร้างสารพิษ (Toxin) ของเชื้อเรียกว่า Toxingenicity ส่วนสารพิษ (Toxin) คือ สารเคมี (Chemical substance) ที่เชื้อสร้างขึ้นแล้วมีฤทธิ์ในการทำให้เกิดโรคได้ในการก่อให้เกิดโรคติดเชื้อนั้นเชื้อจะต้องมีความสามารถในการแพร่ไปยังร่างกายคนได้ คือ

ก. การแพร่กระจายของเชื้อ

วิธีการที่เชื้อแพร่กระจายไปยังคนมีหลายวิธีคือ การสัมผัสโดยตรง (Direct contact) จากผู้ป่วยไปยังผู้สัมผัสเชื้อ ได้แก่ การไอ การจาม การสัมผัสถูกต้องตัวผู้ป่วยตรงบริเวณที่มีเชื้อ และการสัมผัสทางอ้อม (Indirect contact) โดยผู้ป่วยที่มีเชื้ออยู่ในร่างกายแพร่กระจายเชื้อไปยังสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น อากาศ ดิน น้ำ อาหาร จากนั้นจึงนำไปสู่คน สิ่งที่นำเชื้อไปสู่คนนี้ถ้าไม่มีชีวิตเรียกว่า Fomite แต่ถ้ามีชีวิต เช่น แมลงนำเชื้อ เรียกว่า พาหะ (Vector)

ข. การที่เชื้อเกาะติดและคงอยู่กับผู้รับเชื้อ

เมื่อเชื้อแพร่กระจายไปยังบุคคลที่ไวต่อการรับเชื้อแล้ว เชื้อนั้นต้องสามารถเกาะติดและคงอยู่ (Adhere and colonize) กับผู้ที่ให้เชื้ออยู่อาศัย คือ โฮสต์ (Host) ได้การที่เชื้อจะคงอยู่ได้ต้องมีความสามารถเอาชนะจุลินทรีย์อื่นที่อาศัยอยู่ร่างกายโฮสต์อยู่แล้ว (Normal flora)

หมายถึง แบคทีเรียประจำถิ่น อาศัยอยู่ตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย ไม่ทำให้เกิดโรค และบางชนิดมีประโยชน์ เช่น สร้างกรดแลกติก ซึ่งเป็นประโยชน์กับโฮสต์ด้วย) เชื้อที่เข้าสู่ร่างกายนี้ต้องมีคุณสมบัติพิเศษที่จะทำให้เกาะติดและคงอยู่กับโฮสต์ได้ โดยมากจะเป็นสิ่งที่ติดอยู่กับผิวเซลล์ของเชื้อ (Adherence factor) ซึ่งไปยึดจับกับตำแหน่งที่เซลล์ของโฮสต์ (Receptor site on host cell surface) ที่เหมาะสม

ค. วิธีการที่เชื้อเข้าสู่ร่างกาย

เมื่อเชื้อเกาะติดกับเซลล์ของโฮสต์แล้ว ต้องมีความสามารถในการแทรกแซงเข้าสู่เนื้อเยื่อของโฮสต์ โดยเชื้อมีวิธีการหลายอย่าง เช่น ทำให้ผิวเซลล์ของโฮสต์ฉีกขาด ทำลายสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนที่เชื่อมเซลล์ หรืออยู่ที่ผิวเซลล์ ทำลายชั้นของผนังลำไส้ เป็นต้น ในบางครั้ง สภาพของร่างกายโฮสต์เองก็เปิดโอกาสให้เชื้อเข้าสู่ร่างกายได้ เช่น มีรอยถลอก มีบาดแผล ผิวหนังพองเพราะน้ำร้อนลวก ไฟไหม้ แมลงกัดหรือดูดเลือด แล้วเกิดรอยถลอก เพราะคันแล้วเกา เป็นต้น เมื่อเชื้อเข้าสู่ร่างกายได้แล้ว ก็จะแทรกแซงไปยังเนื้อเยื่อ ที่อยู่ลึกๆ ลงไปเข้าสู่หลอดน้ำเหลืองขนาดเล็กที่แทรกอยู่ในเนื้อเยื่อ ไปยังท่อทางเดินน้ำเหลือง เข้าสู่ระบบไหลเวียนของโลหิต แล้วกระจายไปยังระบบต่างๆ ทั่วร่างกาย เชื้อแบคทีเรียสามารถสร้างสารได้หลายๆ ชนิดที่ทำให้เกิดพยาธิสภาพขึ้น

ง. การเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของเชื้อ

เชื้อโรคที่เข้าสู่ร่างกายแล้วสามารถเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนได้ ต้องได้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (อาหาร พีเอช อุณหภูมิพอดีกับความต้องการ) เมื่อเชื้อโรคเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนขึ้น ก็จัดได้ว่ามีการติดเชื้อเกิดขึ้น เชื้อบางชนิดเข้าไปเจริญในเซลล์ที่จำเพาะ แต่เชื้อบางชนิดเจริญในพลาสมา สร้างสารพิษและของเสียขึ้น การที่มีเชื้อหรือสารพิษอยู่ในกระแสเลือดนี้เรียกว่า septicemia

จ. การสร้างสารพิษ

โดยทั่วไปแบคทีเรียมีกลไกหลักในการก่อโรค 2 วิธี วิธีแรก คือ โดยการรุกรานจากตัวเชื้อโดยตัวเชื้อแบคทีเรียเข้าไปในร่างกาย แล้วเจริญเติบโตเพิ่มจำนวน จนกระทั่งเกิดพยาธิสภาพ ส่วนวิธีที่สอง คือ การสร้างสารพิษ (Toxin) ขึ้น สารพิษเป็นตัวการที่ทำให้เกิดความผิดปกติหรืออาการต่างๆ สารพิษแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ สารพิษที่เชื้อสร้างขึ้นแล้วปล่อยออกมานอกเซลล์ (Exotoxin) และสารพิษที่อยู่ภายในเซลล์ (Endotoxin)

- Exotoxin เป็นสารโปรตีนละลายน้ำได้ ถูกสร้างขึ้นในขณะที่แบคทีเรียกำลังมีการเจริญเติบโต แล้วปล่อยออกนอกเซลล์ สารพิษนี้อาจจะเข้าสู่กระแสเลือด แล้วไปยังอวัยวะส่วนอื่นๆ ของร่างกาย
- Endotoxin เป็นสารประกอบที่อยู่ในเยื่อหุ้มชั้นนอก (Outer membrane) ของแบคทีเรียแกรมลบ เยื่อหุ้มชั้นนอก ประกอบไปด้วยสารประกอบต่างๆ ได้แก่

lipoprotein,phospholipid และ lipopolysaccharide ส่วนที่เป็นไขมันจาก lipopolysaccharide เรียก lipid A ซึ่งคือ สารพิษ endotoxin นั่นเอง ดังนั้น endotoxin จะออกจากผนังเซลล์ของแบคทีเรียได้ก็เมื่อเซลล์แตกสลาย endotoxin ของแบคทีเรียทุกเชื้อสายก่อให้เกิดอาการเหมือนๆ กัน คือ เป็นไข้อ่อนเพลีย ปวดเมื่อยตามตัวในรายที่มีอาการรุนแรงอาจจะช็อกเรียกว่า endotoxic shock ตัวอย่างของแบคทีเรียที่สร้าง endotoxin ได้แก่ *Salmonella typhi* ทำให้เกิดโรคไทฟอยด์ Neisseria meningitidis ทำให้เกิดโรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบ เป็นต้น

(2) แบคทีเรียสำคัญที่ก่อให้เกิดโรค

จุลินทรีย์ที่พบอาจเป็นชนิดที่ทำให้เกิดโรค (Pathogenic microorganisms) จะก่อให้เกิดโรคเมื่อร่างกายได้รับเข้าไป หรือเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค (Nonpathogenic Microorganisms) ซึ่งจะอยู่ในสภาวะแวดล้อม ดิน น้ำ อากาศ นอกจากนี้ยังอยู่ตามส่วนต่างๆของร่างกาย เช่น ผิวหนัง ทางเดินหายใจ โดยไม่ทำให้เกิดโรคในสภาวะปกติ แต่ถ้าอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่แปลกไป อาจจะทำให้เกิดโรคติดเชื้อนั้นได้ สำหรับโรคเชื้อจากจุลินทรีย์ในอากาศที่สำคัญต่อมนุษย์ (ตารางที่ 2.5) มีทั้งโรคที่เกิดจากแบคทีเรีย รา ไวรัส โปรโตซัว (ฆริกา คุ้มไทย, 2545)

**ตารางที่ 2.5** โรคติดเชื้อจากจุลินทรีย์ในอากาศที่สำคัญต่อมนุษย์

| โรค | เชื้อก่อโรค |
|---|---|
| **โรคจากแบคทีเรีย** | |
| Brucellosis | *Brucella melitensis* |
| Pulmonary tuberculosis | *Mycobacterium tuberculosis* |
| Glanders | *Actinobacillus mallei* |
| Pneumonia | *Clamydia psittaci* |
| Pneumonia | *Klebsiella anthracis* |
| Pulmonary anthrax | *Bacillus anthracis* |
| Stap, respiratory infection | *Staphylococcus aureus* |
| Stap, respiratory infection | *Stretococcus pyogenes* |
| Legionellosis | *Legionella* spp. |
| **โรคจากรา** | |
| Aspergillosis | *Aspergillus fumigatus* |
| Blastomycosis | *Bastomyces dermatiridi* |
| Coccidiodomycosis | *Coccidides immitis* |
| Cryptococcosis | *Cryptococcus neofoemans* |

**ตารางที่ 2.5** โรคติดเชื้อจากจุลินทรีย์ในอากาศที่สำคัญต่อมนุษย์ (ต่อ)

| โรค | เชื้อก่อโรค |
|---|---|
| **โรคจากไวรัส** | |
| Influenza | *Influenza virus* |
| Hemorrhagic fever | *Bunyavirus* |
| Hepatitis | *Hepatitis virus* |
| Chicken pox | *Herpes virus* |
| Common cold | *Picornavir* |
| **โรคจากโปรโตซัว** | |
| Pneumocystosis | *Pneumocystis carinii* |

ที่มา: Dowd and Maier, 2000

แบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคมีหลายชนิด โดยเฉพาะชนิดที่ทำให้ติดเชื้อทางการหายใจที่สำคัญ เช่น (จุฑามาศ เทพชัยศรี, 2542)

*Streptococcus* เป็นแบคทีเรียแกรมบวกรูปกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 0.5-1 ไมครอน เรียงเป็นสายโซ่หรือเป็นคู่ไม่เคลื่อนที่ไม่สร้างสปอร์บางพวกเป็น Facultative Anaerobic เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 35-37 $^{0}$ซ จัดอยู่ใน *Streptococcaceae* ขนาดของโคโลนีค่อนข้างเล็กใสจนถึงสีขาวบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมเลือด บางเชื้อสายสามารถย่อยสลายเม็ดเลือดแดงได้ เป็นเชื้อที่พบได้ทั่วไปทั้งในสิ่งแวดล้อม อาหาร น้ำ ฝุ่นละออง ในลำคอหรือทางเดินหายใจ ลำไส้คนและสัตว์ บางชนิดก่อโรคซึ่งทำให้เกิดโรคโดยตรงจากการติดเชื้อนั้น บางชนิดก่อโรคที่มีอันตรายภายหลังการติดเชื้อครั้งแรกสงบ โรคที่เกิด *Streptococcus* spp. เช่น คออักเสบ ทอนซิลอักเสบ หูชั้นกลางอักเสบ ซึ่งเกิดจากติดเชื้อปฐมภูมิ นอกจากนี้การติดเชื้อ *Streptococcus* อาจก่อให้เกิดพยาธิสภาพภายหลังการติดเชื้อระยะแรกสงบแล้ว ได้แก่ ไข้รูมาติกเฉียบพลัน และหน่วยไตอักเสบเฉียบพลัน

*Staphylococcus* เป็นแบคทีเรียแกรมบวกรูปกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 0.5-2.0 ไมครอน มักอยู่เป็นกลุ่ม ไม่เคลื่อนที่อยู่ในวงศ์ Micrococcaceae ตระกูล *Staphylococcus* เป็นเชื้อที่มีความสำคัญในการก่อโรคในคน ทนต่อความร้อน และความแห้งได้ดี อาศัยอยู่ในบริเวณทางเดินหายใจส่วนส่วนต้น ผิวหนัง ลำไส้ ช่องคลอดของคนปกติ หรือตามเสื้อผ้า สิ่งของต่างๆ เป็นเชื้อที่สามารถปนเปื้อนจากบุคคลหนึ่งไปยังบุคคลหนึ่งได้โดยการสัมผัสโดยตรงหรือทางอากาศ โรคที่เกิดจากการติดเชื้อ *Staphylococcus* เช่น การเกิดฝีหนอง การติดเชื้อที่บาดแผลแผลพุพอง ติดเชื้อที่ระยะทางเดินหายใจ เป็นต้น

*Bacillus* เป็นแบคทีเรียรูปร่างท่อน ปลายตัดตรง สปอร์อยู่ตรงกลางเซลล์ แต่เมื่ออยู่ในร่างกายคนและสัตว์ไม่เคลื่อนที่เนื่องจากไม่มีแฟลกเจลลา ไม่สร้างสปอร์ เจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อธรรมดา ไม่สลายในเม็ดเลือดแดง โคโลนีมีสีขาว ขนาดค่อนข้างโตในสกุล *Bacillus* มีอยู่มากมายทั่วไปทุกหนทุกแห่งในโลก ส่วนมากดำรงชีวิตแบบอิสระไม่ต้องพึ่งพาอาศัยสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ต้องการใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต แต่สารอาหารมีความต้องการแตกต่างกันไปในแต่ละเชื้อสาย ถิ่นที่อยู่อาศัยอยู่ตามธรรมชาติ คือ ในดิน สปอร์ถูกสร้างขึ้นในดินมักไปปนกับฝุ่นละออง และฟุ้งกระจายอยู่ทั่วไป ติดตามร่างกายคนและสัตว์หรือปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ มีเพียง 2 เชื้อที่ทำให้เกิดโรค คือ *B.anthracis* ทำให้เกิดโรคแอนแทรกซ์ และ *B.cereus* ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ

*Clostridium* เป็นแบคทีเรียแกรมบวกรูปท่อน เชื้อในสกุลนี้มีประมาณเกือบ 100 เชื้อสาย พบอยู่ตามดิน กองขยะ มูลสัตว์ พืชผัก ในลำไส้คนและสัตว์ *Clostridium* มีรูปร่างเป็นท่อนสร้างสปอร์ได้ สปอร์มีรูปร่างและตำแหน่งแตกต่างกันไปตามเชื้อสาย การทำให้เกิดโรคเนื่องจากสารพิษ โรคที่เกิดจาก *Clostridium* แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ โรคติดเชื้อที่ผิวหนัง ได้แก่ โรคแผลเน่ามีแก๊สโรคอาหารเป็นพิษโรคอาหารเป็นพิษ โรคติดเชื้อในลำไส้ซึ่งเป็นผลมาจากการได้รับยาปฏิชีวนะติดต่อกันเป็นเวลานาน

*Corynebacterium diphtheriae* เป็นแบคทีเรียรูปท่อนอาจจะโค้ง ปลายเซลล์แหลม มน โป่งออกคล้ายหัวไม้ขีดไฟ หรือคล้ายกระบอง ย้อมติดสีไม่สม่ำเสมอ เชื้อไม่สร้างสปอร์ ไม่มีแฟลกเจลลา และไม่มีแคปซูลทำให้เกิดโรคคอตีบ (Diphtheria) และโรคติดเชื้อที่ผิวหนัง คนปกติอาจพบเชื้อได้ในลำคอ จมูก หรือบริเวณผิวหนังได้โรคคอตีบมีระยะฟักตัวประมาณ 2 – 5 วัน เกิดขึ้นจากการรับเชื้อเข้าสู่ร่างกายทางจมูก โดยเชื้อปนออกมากับฝอยละอองน้ำมูก น้ำลายของผู้ป่วย เชื้อเจริญเติบโตอยู่ที่เซลล์เยื่อบุลำคอทำให้เกิดการอักเสบเม็ดเลือดขาวจึงไปรวมตัวกันเพื่อคอยเก็บกินเชื้อต่อมาบริเวณนั้นจะมีเยื่อสีเทาเกิดขึ้นกั้นทางเดินหายใจให้แคบลงทำให้หายใจไม่ออกเยื่อนี้เรียกว่า Pseudomembrane ซึ่งคือ เนื้อเยื่อที่ตายแล้ว พังผืด เซลล์เม็ดเลือดขาว และแบคทีเรียอยู่รวมตัวทับถมกัน *C. Diphtheriae* ยังสร้างสารพิษร้ายแรงซึ่งถ้าเข้าสู่กระแสเลือดจะไปทำลายระบบประสาท หัวใจ และไต ทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตได้

*Mycobacterium* มีโครงสร้างแตกต่างจากแบคทีเรียอื่นๆ คือ มีกรดมายคอลิกที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงและไขมันที่เหนียวจากคุณสมบัติที่มีไขมันสูงนี้เองทำให้ *Mycobacterium* มีความทนทานต่อความแห้งแล้ง กรด ยาฆ่าเชื้อหลายชนิด ลักษณะของเซลล์ คือ ผอม ยาว เป็นท่อนตรงหรือโค้งเรียงกันเป็นสายยาวหรือเป็นแขนง ไม่มีแฟลกเจลลาและสปอร์ เจริญเติบโตได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อ

ธรรมดา ลักษณะของโคโลนีแตกต่างกันออกไปในแต่ละเชื้อสาย คือ สีเหลือง ส้ม ชมพู หรือไม่มีสี *Mycobacterium tuberculosis* ทำให้เกิดวัณโรคในคนเชื้อเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ เมื่อลงไปสู่ปอดก็เจริญเติบโตเพิ่มจำนวนโดย macrophage จะเก็บกินเชื้อ แต่เชื้อยังมีชีวิตอยู่และเจริญเติบโตได้ใน macrophage นั้น ในช่วงนี้ผู้ที่ติดเชื้อจะไม่มีอาการแสดงหรือถ้ามีก็เป็นไข้ต่ำๆ หลังจาก 3 – 4 สัปดาห์ไปแล้ว ร่างกายจึงมีปฏิกิริยาตอบสนองทางภูมิกันเป็นแบบเซลล์ mediated immune response เกิดเป็นตุ่มนูนแข็งที่บริเวณที่เชื้อเจริญเติบโตอยู่เรียกว่า tubercle ที่ตุ่มนี้ภายในจะเต็มไปด้วยเชื้อและ macrophage ล้อมรอบด้วยเม็ดเลือดขาวพวก Lymphocyte, neutrophil และเซลล์พวก fibroblast โดยมากโรคมักจะอยู่เพียงเท่านี้

*Legionella Pneumophila* เป็นแบคทีเรียแกรมลบ มีรูปร่างต่างๆ กัน ตั้งแต่กลมเป็นท่อนจนกระทั่งเป็นเส้นยาวๆ การเพาะเลี้ยงต้องใช้อาหารเลี้ยงเชื้อพิเศษหรือใช้เซลล์เพาะเลี้ยง Legionella มีหลายเชื้อสาย แต่ที่สำคัญที่ทำให้เกิดโรค คือ *L.pneumophila* มีอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัวคน ชอบที่เปียกชื้น เช่น ก๊อกน้ำ ตู้เย็น ในเครื่องปรับอากาศ เช่น บริเวณแผ่นกรอง มีความทนต่ออุณหภูมิสูงจึงอยู่ได้นานเป็นเดือนหรือเป็นปี โรคที่เกิดขึ้นจาก *L.pneumophila* เรียกว่า Legionellosis แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ไข้ลีจีแนร์ชนิดเป็นปอดบวม (Legionnaires' pneumonia) และไข้ปอนติแอก (Pontiac fever) ทั้งสองชนิด มีอาการคล้ายคลึงกัน คือ เป็นไข้ อุณหภูมิของร่างกายสูงประมาณ 41 $^{0}$ซ ไอ อุจจาระร่วง ปวดท้อง ไข้ลีจีแนร์ชนิดเป็นปอดบวมมีอาการรุนแรงมาก เพราะอาการปอดบวมจะลุกลามอย่างรวดเร็ว อัตราการตายประมาณร้อยละ 10 – 20 ส่วน ไข้ปอนติแอกไม่มีอาการปอดบวมและไม่พบว่ามีผู้ป่วยเสียชีวิต

*Klebsiella* ทำให้เกิดโรคติดเชื้อในโรงพยาบาล ซึ่งได้แก่ โรคปอดบวม โรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบ แผลติดเชื้อทางเดินปัสสาวะอักเสบ เป็นต้นโดยปกติอาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์ก็พบว่า เป็นสาเหตุของโรคติดเชื้อในทางเดินหายใจและปอด เชื้อมีแคปซูลขนาดใหญ่ ซึ่งป้องกันการเก็บกินทำลายโดยเซลล์เม็ดเลือดขาว และบางสายพันธุ์ยังสร้างสารพิษด้วย

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประเทศไทยได้มีการดำเนินงานด้านคุณภาพอากาศภายในอาคารตั้งแต่ พ.ศ.2536 โดยมีการสำรวจความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในอาคารเพื่อให้ทราบถึงการกระจายตัวและระดับความเสี่ยงจากอันตรายของก๊าซชนิดนี้ จากการรายงานข้อมูลที่ทำการสำรวจไปแล้ว 20 จังหวัด ผลปรากฏว่าพบก๊าซเรดอนในทุกอาคารที่ทำการสำรวจในทุกจังหวัด และจังหวัดที่มีแนวโน้มว่ามีก๊าซเรดอนสูง

อยู่ในภาคเหนือ อย่างไรก็ตามมีความจำเป็นต้องทำการสำรวจให้ได้พื้นที่มากกว่านี้ จึงจะสามารถสรุปผลการสำรวจได้แน่นอน (สมชัย บวรกิตติ และปฐม สวรรค์ปัญญาเลิศ, 2543)

กรุงเทพมหานคร (2542) ได้ดำเนินการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในบริเวณศูนย์อาหาร อาคารจอดรถของอาคารสาธารณะ และห้างสรรพสินค้า จำนวนทั้งสิ้น 11 แห่ง พบว่า บริเวณศูนย์อาหารของห้างสรรพสินค้า 3 ใน 9 แห่ง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1,170 -1,302 ส่วนในล้านส่วน (American society of heating, refrigerating, and air-conditioning engineers: ASHRAE กำหนดให้มีได้ไม่เกิน 1,000 ส่วนในล้านส่วน) สำหรับบริเวณอาคารจอดรถ 6 ใน 11 แห่ง พบปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 12-46 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งเกินค่ามาตรฐานกำหนด (ASHRAE กำหนดให้มีได้ไม่เกิน 9 ส่วนในล้านส่วน) และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจได้ (PM10)ในอาคารจอดรถ 3 แห่ง มีค่าอยู่ระหว่าง 154-210 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเกินค่ามาตรฐานกำหนดค่าตลอด 24 ชั่วโมง ให้มีได้ไม่เกิน 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2552-ข)

วิกรม เสงคิสิริ และสมชัย บวรกิตติ (2543) ได้ดำเนินการสำรวจสารคุกคามจากการสูบบุหรี่ในห้องพักสูบบุหรี่ที่ท่าอากาศยานกรุงเทพฯ โดยการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณฝุ่นรวม แคดเมียม สารหนู และไอระเหย ซึ่งได้แก่ โทลูอีน ฟีนอล และอะซีโตน พบว่า ไม่มีปริมาณของสารที่สำรวจสูงเกินขีดความปลอดภัย ยกเว้นปริมาณฝุ่นรวมที่พบว่า มีปริมาณภายในห้องสูบบุหรี่สูงกว่าภายนอกห้อง การศึกษาให้ผลสรุปว่า ผู้ที่ใช้ห้องพักสูบบุหรี่ที่ท่าอากาศยานกรุงเทพฯ มีความปลอดภัยจากสารที่เกิดจากการสูบบุหรี่

กรุงเทพมหานคร (2546) ได้จัดทำโครงการจัดทำหลักเกณฑ์ และมาตรฐานควบคุมเหตุรำคาญ และกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ประเภทกิจการโรงแรม หรือกิจการอื่นในทำนองเดียวกัน โดยได้ดำเนินการสำรวจโรงแรมทั้งสิ้น 20 แห่ง พบว่า อัตราการไหลของอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในของโรงแรมขนาดใหญ่และขนาดกลางกว่าร้อยละ 80 ต่ำกว่าค่าที่เสนอแนะโดย ASHRAE และกว่าร้อยละ 30 ของโรงแรมขนาดใหญ่และขนาดกลาง มีระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นดัชนีที่บ่งถึงการไหลเวียนอากาศ มีค่าสูงเกินค่าที่กำหนดโดย Occupational Safety and Health Administration - OSHA ซึ่งได้กำหนดไว้ที่ 800 ส่วนในล้านส่วน และยังพบว่า สถานประกอบการที่ควบคุมเรื่องการสูบบุหรี่ภายในอาคาร จากผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคขนาดเล็ก (PM10) พบว่า มากกว่าร้อยละ 90 ของพื้นที่ที่ตรวจวัดมีระดับสูงเกินค่ามาตรฐาน

**การตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียในอากาศ**

พิชิต สกุลพราหมณ์ และคณะ (2518) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสภาวะความสกปรกของอากาศบางอย่างในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ระหว่าง 28 พฤษภาคม 2517 – 13 พฤษภาคม 2518 โดยเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในฝุ่นละอองที่ติดค้างอยู่บนกระดาษกรองใยแก้วในเครื่องมือดูดอากาศแล้วนำมาตรวจหาแบคทีเรีย โดยวิธีตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดและการวัดปริมาณโคลิฟอร์ม จำนวนแบคทีเรียที่ปะปนมากับฝุ่นลอยในอากาศต่อปริมาตรอากาศและจำนวนโคลิฟอร์มที่ปะปนมากับฝุ่นลอยในอากาศต่อปริมาตรอากาศพบว่า บริเวณที่ทำการค้าจะมีจำนวนแบคทีเรียและจำนวนโคลิฟอร์มที่ปะปนมากับฝุ่นลอยในอากาศต่อปริมาตรอากาศมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 330-1010 ตัว/ลบ.ม.ของอากาศ และ 31-454 ตัว/ลบ.ม.ของอากาศ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจำนวนแบคทีเรียและจำนวนโคลิฟอร์มที่ปะปนมากับฝุ่นลอยในอากาศต่อน้ำหนักฝุ่นตามฤดูกาลพบว่า ฤดูฝนจะมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 3.83 ล้านตัว/กรัม และ 1.45 ล้านตัว/กรัม ตามลำดับ ชนิดแบคทีเรียที่ตรวจพบปะปนมากับฝุ่นลอยในอากาศพบว่า มีแบคทีเรียในกลุ่มที่ทำให้เกิดโรคและกลุ่มที่ไม่ทำให้เกิดโรค มีจำนวนทั้งสิ้น 15 ชนิด ได้แก่ *Bacillus subtilis* , *Bacillus mycoides* , *Alkaligines*, *E. coli*, *Staphylococci*, *Gram Nagative Bacillus*, *Gram Positive Bacillus*, *Non-pathogenic Staphylococcus*, *Gram Positive Coccobacilli*, *Geffna tetragena*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Non-pathogenic E. coli*, *Diptheroid* โดยชนิดที่พบบ่อยที่สุด คือ *Bacillus subtilis* นอกจากนี้ยังพบราและยีสต์ด้วย

กฤตกรณ์ ประทุมวงษ์ (2540) ศึกษาแบคทีเรียในอากาศที่ทำให้เกิดโรคทางเดินหายใจในย่านชุมชนของกรุงเทพมหานคร โดยทำการเก็บตัวอย่างอากาศนอกอาคารที่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่ติดมากับฝุ่นบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์และบริเวณวงเวียนโอเดียน 80 ตัวอย่างต่อบริเวณระหว่างเดือนตุลาคม 2540 - มกราคม 2541 ด้วยเครื่อง six-stage viable microbial particle sizing sampler พบว่า ปริมาณแบคทีเรียในอากาศบริเวณวงเวียนโอเดียนสูงกว่าบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณบน Plate count agar (PCA) 510 โคโลนี/ลบ.ม. และบน Blood agar (BA) 410 โคโลนี/ลบ.ม และจำนวนตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนแบคทีเรียในอากาศบริเวณวงเวียนโอเดียนมากกว่าบริเวณโรงพยาบาล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) แบคทีเรียที่พบได้แก่ *Cocci* และ *Bacilli*

กฤษณียา ศังขจันทรานนท์ และคณะ (2549) ศึกษาถึงชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคในโรงพยาบาลโดยการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศจากจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุด โดยเก็บตัวอย่างจุดละ 4 ครั้ง ในสถานที่บริเวณโรงพยาบาลด้วยเครื่องมือ 3 ชนิด คือ

Andersen Impactor, BioSampler และ Open plate ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างในเวลาเดียวกันพบว่า Andersen Impactor และ Open plate ให้ผลใกล้เคียงกันทั้งชนิดและปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์แต่ Andersen Impactor ใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างเพียง 20 นาที ส่วน Open plate ต้องเก็บนานถึง 2 ชั่วโมง ในส่วนของ BioSampler นั้นพบเชื้อจุลินทรีย์น้อยมาก สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในการศึกษามีทั้งหมด 11 Genus แบ่งเป็นเชื้อแบคทีเรีย 7 จีนัส และเชื้อรา 4 จีนัส เชื้อแบคทีเรียที่พบมากเป็น 5 อันดับแรกคือ *Staphylococcus* พบมากที่สุด 17.8 % (688 โคโลนี/ลบ.ม) รองลงมาคือ *Micrococcus* พบ 14.0 % (541 CFU/$m^3$), *Pseudomonas* พบ 13.8 % (534 โคโลนี/ลบ.ม), Non-Fermentatvie gram-negative Bacilli (NFB) พบ 13.1 % (507 โคโลนี/ลบ.ม), และ *Bacillus* พบ 12.1 % (467 โคโลนี/ลบ.ม) ตามลำดับ ส่วนเชื้อราพบมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ *Aspergillus* พบ 8.0 % (309 โคโลนี/ลบ.ม) *Penicillium* พบ 5.6 % (217 โคโลนี/ลบ.ม) และ *Curvularia* พบ 3.6 % (138 โคโลนี/ลบ.ม) ตามลำดับ จากการเก็บตัวอย่างโดยใช้ Andersen Impactor แล้วนำปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจวัดได้ไปเปรียบเทียบกับค่าจุลินทรีย์ขององค์การอนามัยโลก (WHO) ซึ่งจะมีเพียงห้องผ่าตัดและห้องพักฟื้นหลังผ่าตัดเท่านั้นที่เข้าเกณฑ์ (ตารางที่ 2.6)

**ตารางที่ 2.6** เปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในการศึกษากับเกณฑ์แนะนำของ WHO

| สถานที่ | Fungi | | Bacteria | |
|---|---|---|---|---|
| | โคโลนี/ลบ.ม | WHO (1988) (50 โคโลนี/ลบ.ม) | โคโลนี/ลบ.ม | WHO (1988) (100 โคโลนี/ลบ.ม) |
| ห้องปฏิบัติการจุลฯ | 126 | X | 232 | X |
| ห้อง NICU | 69 | X | 185 | X |
| ห้องขยะติดเชื้อ | 202 | X | 354 | X |
| ห้องพักฟื้นหลังผ่าตัด | 0.8 | √ | 100 | √ |
| ห้อง Burn Unit | 601 | X | 363 | X |
| ห้องผ่าตัด | 0.8 | √ | 76 | √ |
| ห้อง ICU | 43 | √ | 411 | X |
| ห้องตรวจ Immune | 92 | X | 276 | X |
| ห้องตรวจ Aids | 124 | X | 417 | X |
| รอตรวจผู้ป่วยนอก | 70 | X | 736 | X |

หมายเหตุ: √ หมายถึง ได้เกณฑ์ตามข้อกำหนดของ WHO

X หมายถึง ไม่ได้เกณฑ์ตามข้อกำหนดของ WHO

ที่มา: กฤษณียา ศังขจันทรานนท์ และคณะ, 2549

เอมอร ปาสาทัง และกาญจนา นาถะพินธุ (2550) ทำการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในโทรศัพท์สาธารณะในโรงพยาบาลขนาด 821 เตียงและศูนย์อาหารในจังหวัดขอนแก่น พบว่า มีเชื้อโรคทั้งหมด 9 ชนิด ในโทรศัพท์สาธารณะในโรงพยาบาล เชื้อส่วนมากที่พบคือ *coagulase-negative staphylococci*, *Bacillus* spp., *Corynebacterium* spp. และ *Micrococcus* spp. (n=47, 100%, n=45, 95.74%, n=43, 91.49%, n=38, 80.85%) ตามลำดับ เชื้อที่พบส่วนน้อย คือ *Viridans streptococci* และ *Pseudomonas stutzeri*, *MSSA*, *Pseudomonas* spp., และเชื้อรา (n=5, 10.64%, n=2, 4.26%, n=1, 2.35%, n=10, 21.28%) ตามลำดับ โทรศัพท์สาธารณะในศูนย์อาหาร พบเชื้อปนเปื้อน 6 ชนิด *coagulase-negative staphylococci*, *Bacillus* spp., *Corynebacterium* spp. และ *Micrococcus* spp., *P.stutZeri* และเชื้อรา พบ (n=10, 100%, n=10, 100%, n=5, 50%, n=1, 10% n=1, 10%) ตามลำดับ มีการปนเปื้อนเชื้อโรคหลายชนิดในโทรศัพท์สาธารณะ เชื้อที่พบส่วนมากเป็นเชื้อประจำถิ่นจากร่างกายมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ส่วนน้อยเป็นเชื้อที่สามารถก่อโรคได้

Tighe และ Warden (2004) อ้างถึงในภารดี ช่วยบำรุง และคณะ (2547) รายงานในการศึกษาของบริษัท Analytical Services ประเทศสหรัฐอเมริกาที่เก็บตัวอย่างอากาศจากห้องผ่าตัดจำนวน 18 ห้อง พบเชื้อรา 83.3%, ยีสต์ 33.3% และ actinomycetes 16.6% จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด โดยพบแบคทีเรียในทุกตัวอย่างที่เก็บตรวจ เชื้อรานั้นพบได้ตั้งแต่ 0 จนถึง 104 โคโลนี/ลบ.ม โดยแบ่งเป็นเชื้อ *Penicillium* spp. 52.4%, *Aspergillus* spp. 23.9% (4.7% เป็นชนิด *A.fumigatus*) และ *Cladosporium* spp. 14.3% ส่วนแบคทีเรียนั้นพบ 15-225 โคโลนี/ลบ.ม อันได้แก่ *S.epidermidis*, *S.hominis*, *S.capitis*, *S.haemolyticus*, *M.luteus*, *M.roseus*, *M.Kristinae*, *Bacillus* spp., *Arthrobacter* spp. และ *Pseudomonas* spp. โดยแต่ละชนิดนั้นพบประมาณ 18% จากตัวอย่างทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบ *Streptococcus* sp., *Methylobacterium* sp. และ *Corynebacterium* sp. ชนิดละประมาณ 12% จากตัวอย่างทั้งหมด ส่วนเชื้อแบคทีเรียที่พบได้แต่มีจำนวนน้อยมากได้แก่ *Flavobacterium* sp., *Clavibacter* sp., *Rathayibacter* sp. และ *Rhodococcus* spp. ในกลุ่มของยีสต์ 33.3% นั้น เชื้อที่พบมากคือ *Cryptococcus albidus* และ *Candida* spp. ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการพบยีสต์ในอากาศมากที่สุดคือความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการมีชีวิตอยู่ได้ของมัน

Yu และ Ling (1994) ได้ศึกษาปริมาณแบคทีเรียในสถานที่ต่างๆ โดยใช้ผลรวมค่าเฉลี่ยของจำนวนแบคทีเรียในสถานที่ต่างๆ ตามกิจกรรมการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ (ตารางที่ 2.7) พบว่า แบคทีเรียในบรรยากาศมาจากมลพิษของอากาศภายในอาคาร และภายนอกอาคาร

**ตารางที่ 2.7** ปริมาณแบคทีเรียในสถานที่ต่างๆ ($CFU/m^3$)

| **Place** | | **Range** | **Mean** |
|---|---|---|---|
| City | Traffic truck | 4941-39154 | 11496 |
| | Port | 0-4724 | 2074 |
| | Station square | 1594-8839 | 2500 |
| | Shop square | 3248-2110 | 12303 |
| | Theatre square | 2303-3327 | 2894 |
| | Park meadow | 906-3091 | 1280 |
| | Park woods | 846-2185 | 1280 |
| Village | Main road | 4744-52677 | 22205 |
| | Port | 512-6535 | 2697 |
| | Field | 630-1476 | 909 |
| | Water surface | 1201-1969 | 1634 |

ที่มา : Yu and Ling, 1994

ในประเทศโซเวียตรัสเซีย ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานความปลอดภัยของแบคทีเรียในอากาศ (Air Bacteria Hygienic Standards) ภายในอาคารสถานที่ต่างๆ (ตารางที่ 2.8)

**ตารางที่ 2.8** มาตรฐานความปลอดภัยของแบคทีเรียในอากาศในประเทศโซเวียตรัสเซีย ($CFU/m^3$)

| **Hygienic level** | **Total bacteria number** | **Hemolysis Bacteria** |
|---|---|---|
| Clean | <2000 | <10 |
| Hygienic | 2000-4000 | 11-14 |
| Polluted lightly | 4000-7000 | 14-120 |
| Polluted heavily | >7000 | >120 |

ที่มา : Yu and Ling, 1994

นอกจากนี้ในประเทศญี่ปุ่นได้กำหนดมาตรฐานความปลอดภัยของแบคทีเรียของอากาศ (Air Bacteria Hygienic Standards) ภายในอาคาร (ตารางที่ 2.9)

**ตารางที่ 2.9** มาตรฐานความปลอดภัยของแบคทีเรียในอากาศในประเทศญี่ปุ่น

| Judgement | CFU/$m^3$ |
|---|---|
| Clean | <30 |
| Polluted lightly | 30-50 |
| Middle Degree of Pollution | 50 -100 |
| Allowance Value | 100 |
| Serious Pollution | >100 |

ที่มา : Yu and Ling, 1994

**ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นและแบคทีเรีย**

Katerina และ Jitka (2003) ทำการศึกษาความเข้มข้นของจุลินทรีย์และขนาดอนุภาคฝุ่นละอองในอากาศของห้องต่างๆกับบนพื้นผิว (เฟอร์นิเจอร์, ตู้, เตียง ฯลฯ) ภายในห้องของโรงพยาบาลจำนวน 5 ห้อง ที่มีลักษณะตามเงื่อนไขกำหนดไว้พบว่า ในห้องผู้ป่วยมีความเข้มข้นของแบคทีเรียสูงเนื่องจากเป็นห้องที่ไม่มีการถ่ายเทของอากาศมีเฉพาะประตูเข้าออกและมีบางห้องที่มีการติดเครื่องกรองอากาศ โดยเปรียบเทียบภายในห้องพักผู้ป่วยพบว่า มีความเข้มข้นจุลินทรีย์ในอากาศต่ำแต่บนพื้นผิวในห้องกลับมีค่าสูงและพบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคฝุ่นใหญ่กว่า 0.1 และ 0.5 ไมโครเมตรกับจำนวนแบคทีเรียที่ $R^2$ 0.76 และ 0.88 ตามลำดับ แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคฝุ่นละอองกับจำนวนราภายในห้อง

Li และ Hou (2003) ทำการเก็บตัวอย่างอนุภาค 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1 และ 5 ไมโครเมตร แบคทีเรีย และเชื้อรา ภายในห้องควบคุมความสะอาดภายในโรงพยาบาล ได้แก่ หอผู้ป่วยวิกฤติ (ICU) หน่วยปลูกไขถ่ายกระดูก (BMT) และห้องผ่าตัด (OR) พบว่า ความเข้มข้นอนุภาคที่เตียงผู้ป่วยสูงกว่าในอากาศอย่างมีความสำคัญ และความเข้มข้นของอนุภาคในห้องสัมพันธ์กับกิจกรรมในห้องและการผ่าตัด ซึ่งแสดงว่ากิจกรรมภายในห้องมีบทบาทส่งผลให้ความเข้มข้นของอนุภาคแต่ละห้องแตกต่างกัน นอกจากนี้พบปริมาณแบคทีเรียและเชื้อรา 1 - 423 และ 0-319 โคโลนี/ลบ.ม ตามลำดับ ในหอผู้ป่วยวิกฤติสูงสุด ในห้องผ่าตัดรองลงมา และไม่พบเชื้อราในหน่วยปลูกถ่ายไขกระดูก โดยพบว่า Penicillium สูงที่สุด และไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคและรา

**การตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่น**

Dharan และ Pittet (2002) ในโรงพยาบาลของมหาวิทยาลัยเจนีวา ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ กำหนดให้ห้องผ่าตัดที่ติดอุปกรณ์การกรองอากาศและมีรูปแบบการไหลของอากาศเป็นแบบ

laminar flow มีขนาดของอนุภาค จำนวนอนุภาค และจำนวนจุลินทรีย์ไว้ 3 ระดับ กล่าวคือ (1) กรณีที่กิจกรรมการผ่าตัดนั้นมีอัตราเสี่ยงสูงมากๆ จะยอมให้มีจำนวนอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 0.5 ไมโครเมตร ได้เพียง 10 อนุภาคต่อตารางเมตร และจำนวนจุลินทรีย์ต้องน้อยกว่า 1 โคโลนี/ลบ.ม (2) การผ่าตัดที่มีอัตราการเสี่ยงสูง ยอมให้มีจำนวนอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 0.5 ไมครอน ได้ 353 อนุภาคต่อตารางเมตร และอนุภาคขนาดที่ใหญ่กว่า 5.0 ไมครอน มีได้ 10 อนุภาคต่อตารางเมตร โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ไม่เกิน 5 โคโลนี/ลบ.ม และ (3) การผ่าตัดที่มีอัตราการเสี่ยงปานกลาง ยอมให้มีจำนวนอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 0.5 ไมครอน ได้ 3530 อนุภาคต่อตารางเมตร ส่วนอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 5.0 ไมครอน มีได้ 25 อนุภาคต่อตารางเมตร โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ได้ไม่เกิน 25 โคโลนี/ลบ.ม

Wang และคณะ (2006) ทำการศึกษาความเข้มข้นฝุ่นละอองในอากาศขนาดไม่เกิน 2.5 และ 10 ไมครอน ทั้งภายนอกและภายในโรงพยาบาล 4 แห่ง ในเมือง Guangzhou ประเทศจีน โดยพบว่ากิจกรรมของมนุษย์ที่อยู่ในอาคารส่งผลต่อความเข้มข้นฝุ่นละอองในห้องโดยพบระดับความเข้มข้นสูงสุดภายในห้องตรวจที่มีผู้ป่วยหนาแน่นที่สุด และพบความเข้มข้นต่ำสุดภายในสำนักงานของแพทย์ที่ไม่มีคนอยู่ นอกจากนี้ยังพบค่าอัตราส่วน PM 2.5/PM 10 ภายในอาคารต่อภายนอกอาคารในทุกห้องที่มีกิจกรรมพลุกพล่านมีค่ามากกว่า 1 ยกเว้นในสำนักงานแพทย์ที่ไม่มีกิจกรรม และห้องฉุกเฉิน 1 แห่ง ที่มีความถี่ในการทำความสะอาดสูงกว่าที่อื่นๆ ทำให้ปริมาณฝุ่นละอองบนพื้นลดลง แสดงว่าในโรงพยาบาลซึ่งไม่มีแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองพิเศษอื่นๆ กิจกรรมภายในอาคารเป็นตัวแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองที่มีความสำคัญ เนื่องจากก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายกลับ (Resuspension) ของฝุ่นละอองที่ตกตะกอนอยู่บนพื้นผิวของห้อง และเฟอร์นิเจอร์ และการทำความสะอาดจะช่วยลดปริมาณฝุ่นละอองขนาดใหญ่ในห้อง และลดอัตราการฟุ้งกระจายกลับได้

การทบทวนเอกสารสรุปได้ว่า คุณภาพอากาศภายในอาคารส่วนใหญ่เกิดจากการหมุนเวียนอากาศภายในอาคาร ไม่เพียงพอทำให้มีการสะสมของมลพิษต่างๆ ได้แก่ กลิ่น ฝุ่นละออง เชื้อโรค และสารระคายเคืองต่างๆ นอกจากนั้นอาจมีสาเหตุมาจากกิจกรรมของมนุษย์ สิ่งของเครื่องใช้และอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เฟอร์นิเจอร์ เครื่องใช้สำนักงานต่างๆ เครื่องปรับอากาศ พรมปูพื้น ฯลฯ และปัจจัยทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงพยาบาลในเขตกรุงเทพมหานครที่มีลักษณะโครงสร้างของอาคารเป็นอาคารสูง อาคารมีลักษณะปิด สถานที่ตั้งมักอยู่ใจกลางชุมชนหรือเมืองที่มีการจราจรหนาแน่น มักมีโอกาสสัมผัสมลพิษทั้งภายในและภายนอกอาคาร ซึ่งอาจจะส่งผลต่อสุขภาพของแพทย์ พยาบาล เจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาล หรือผู้ป่วย ซึ่งจะก่อให้เกิดโรคกลุ่มอาการที่เกิดจากการทำงานในอาคารปิดได้