บทที่ 2
การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นพื้นฐานและเป็นแนวทางในการวิจัย โดยมีหัวข้อดังนี้ต่อไปนี้

2.1 เชื้อแบคทีเรีย เชื้อราและอาหารเลี้ยงเชื้อ

2.2 ระบบทางเดินหายใจและอาการ

2.3 โรคอาคารป่วย (Sick building Syndrome)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เชื้อแบคทีเรีย เชื้อราและอาหารเลี้ยงเชื้อ

2.1.1 แบคทีเรีย

แบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีลำกล้องขยายส่องดู จึงมองเห็นซึ่งจะประกอบด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียว และเป็นพวกโปรคีโอต มีผนังเซลล์ที่คงรูป (Rigid cell wall) ทำให้แบคทีเรียรักษารูปร่างได้หลายแบบ ส่วนใหญ่เป็นรูปแท่ง รูปกลม รูปเกลียว บ้างก็เป็นเส้นใยและมีการสืบพันธุ์ ทั้งแบบมีเพศและไม่มีเพศโดยมีเพศเกิดจากการรวมเซลล์ 2 เซลล์ ส่วนการสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศโดยทั่วไปเป็นแบบ Binary Fission บ้างก็เป็นการแตกหน่อ (Budding) แบคทีเรียสามารถพบได้ทั่วๆไปไม่ว่าจะเป็นดิน น้ำ อากาศ มีทั้งชนิดที่ให้ประโยชน์และเป็นโทษ ยกตัวอย่าง เช่น *Bacillus Spp. Lactobacillus Spp.* (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ. 2539)

วิธีการจำแนกเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในปัจจุบันคือการแบ่งเชื้อออกตามลักษณะการติดสีกรัม ขนาดและรูปร่างเซลล์ และการเรียงตัวของเซลล์ โดยการติดสีกรัมเป็นการทำหลังจากตรึงเชื้อบนแผ่นสไลด์แก้วและย้อมด้วยสี crystal violet ซึ่งมีสีม่วงน้ำเงิน ตามด้วยการย้อมด้วยสี gram iodine ซึ่งช่วยในการคงสี (mordant) crystal violet ไว้ภายในเซลล์ จากนั้นการล้างสีออก (decolorization) ด้วยแอลกฮอลล์ และตามด้วยการย้อมสี safranin ซึ่งมีสีแดง ลักษณะที่เห็นได้จากการติดสีกรัมสามารถแบ่งเชื้อแบคทีเรียออกเป็น 2 กลุ่มคือ แบคทีเรียกรัมบวก (gram-positive bacteria) หมายถึงเชื้อที่สามารถคงสี crystal violet ไว้ภายในเซลล์โดยไม่ถูกล้างออกในขั้นตอนการล้างสี ทำให้เซลล์ติดสีม่วงน้ำเงิน สำหรับแบคทีเรียกรัมลบ (gram-negative bacteria) หมายถึงเชื้อที่ไม่สามารถคงสี crystal violet ไว้ภายในเซลล์ ทำให้สีถูกล้างออกในขั้นตอนการล้างสีเซลล์จึงติดสีแดงของสี safranin (ภัทรชัย กีรติสิน. 2549)

2.1.2 เชื้อรา

เชื้อราพบได้ทั่วไปตามธรรมชาติ เช่น ในอากาศ น้ำ ดิน เชื้อราที่อยู่ในดินมีความสำคัญในการช่วยย่อยซากสัตว์และพืชให้เป็นโมเลกุลเล็ก ๆ พื้นดินบริเวณนั้นจึงเป็นดินที่อุดม โดยเห็ดบางสายพันธุ์สามารถนำมาใช้เป็นอาหารได้ ในทางกลับกันเชื้อราก็สามารถให้โทษได้ เช่น ก่อให้เกิดโรคในพืช สัตว์ และคน

เชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคในคนสามารถจำแนกออกเป็น 3 จำพวกคือ

1. เชื้อราสร้างสารพิษ (toxigenic fungi) หมายถึงเชื้อราที่มีสารพิษอยู่ภายในหรือสามารถสร้างและปลดปล่อยสารพิษออกสู่ภายนอกได้ เช่น สารพิษจากเห็ดเมาและสารพิษจากเชื้อรา

2. เชื้อราก่อโรคภูมิแพ้ (allergenic fungi) หมายถึงเชื้อราหรือส่วนของเชื้อรา เช่น โคนิเดีย ทำหน้าที่ประหนึ่งเป็นแอนติเจนกระตุ้นร่างกายให้สร้างแอนติบอดี ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากันก่อให้เกิดผลเสียแบบที่เรียกว่าปฏิกิริยาภูมิไวเกิน เช่น โรคปอดชาวนา (Farmer's lung) แบแกสโซซีส (Bagassosis)

3. เชื้อราบุกรุก (invasive fungi) หมายถึงเชื้อราที่สามารถบุกรุกเข้าไปเจริญอยู่ในร่างกายมนุษย์ อาจจะเจริญได้ที่ผิวหนัง หรือลุกลามเข้าสู่อวัยวะภายใน (พรรณกร อิ่มวิทยา. 2535)

2.1.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารเลี้ยงเชื้อแบ่งเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ อาหารเลี้ยงเชื้อตามส่วนผสมหรือองค์ประกอบของอาหารและอาหารเลี้ยงเชื้อแบ่งตามประโยชน์ที่ใช้

2.1.3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อแบ่งตามส่วนผสมหรือองค์ประกอบของอาหาร

1. อาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ทราบส่วนประกอบทางเคมีแน่นอน (Artificial media หรือ Non-synthetic media) อาหารเลี้ยงเชื้อนี้ประกอบด้วยเนื้อเยื่อพืชและหรือสัตว์ ซึ่งมีสารอินทรีย์อยู่มากมาย เช่น ประกอบด้วยเพปโทน (peptone) สารสกัดจากเนื้อ (meat extract) สารสกัดจากยีสต์ (yeast extract) เป็นต้น อาหารเลี้ยงเชื้อนี้ช่วยในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียหลายชนิด ตัวอย่างอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดนี้ที่ใช้กันมากในห้องปฏิบัติการ คือ อาหารเหลวเอ็นบี (N.B. หรือ Nutrient broth) อาหารแข็งเอ็นเอ (N.A. หรือ Nutrient agar) ซึ่งใช้เลี้ยงแบคทีเรีย ส่วนอาหารที่นิยมใช้เลี้ยงเชื้อราในห้องปฏิบัติการคือ อาหารพีดีเอ (PDA หรือ Potato dextrose agar)

2. อาหารสังเคราะห์ (synthetic media หรือ chemically defined media) อาหารสังเคราะห์เป็นอาหารที่ทราบองค์ประกอบทางเคมีอย่างแน่นอน เช่น อาหารเลี้ยง Lactobacilli มีหลายสิบชนิด แต่ละชนิดทราบปริมาตรที่แน่นอน

2.1.3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อแบ่งตามประโยชน์ที่ใช้

1. เอ็นริชมีเดีย (Enriched media) เป็นอาหารที่ใช้เฉพาะกับแบคทีเรียบางชนิดที่เลี้ยงยาก (fastidious) เพาะเลี้ยงในอาหารธรรมดาได้ยากหรือไม่เจริญในอาหารธรรมดาเลย อาหารชนิดนี้ต้องเติมสารบางอย่าง เช่น เลือด (blood) ซีรัม (serum) หรือสารที่สกัดจากเนื้อเยื่อหรือสัตว์เพื่อเร่งการเจริญของแบคทีเรียลงในอาหารเอ็นบีหรือเอ็นเอ

2. อาหารคัดเลือก (Selective media) เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้แยกจุลินทรีย์ที่ต้องการออกจากจุลินทรีย์อื่นที่ปะปนอยู่ โดยการเติมสารเคมีบางอย่างเพื่อยังยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ โดยไม่มีผลต่อจุลินทรีย์อีกกลุ่มหนึ่ง เช่น การเติมสีคริสตัลไวโอเลต (crystal violet) เพื่อยังยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวก โดยไม่ยังยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบ หรือแบคทีเรียที่สามารถใช้มอลโทสเป็นแหล่งคาร์บอนได้จะเจริญได้ดีในอาหารที่มีน้ำตามมอลโทส

3. อาหารเลี้ยงเชื้อที่บอกความแตกต่าง (Differential media) เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้แยกชนิดของแบคทีเรียที่เจริญปะปนอยู่ในอาหารนั้น โดยอาศัยความแตกต่างของโคโลนี เช่น blood agar media เป็นอาหารวุ้นที่เติมเลือด ถ้าแบคทีเรียนั้นย่อยสลายเม็ดเลือดแดงได้จะเกิดบริเวณใส ๆ (clear zone) ขึ้นรอบ ๆ โคโลนีของแบคทีเรีย ซึ่งแสดงว่าได้เกิดการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง (hemolysis) ส่วนแบคทีเรียพวกไม่ทำลายเม็ดเลือดแดงจะไม่เกิดบริเวณใส ๆ รอบโคโลนี จึงใช้แยกแบคทีเรียเหล่านี้ได้ นอกจากนี้อาหารบางชนิดยังเป็นทั้งอาหารคัดเลือกและบอกความแตกต่าง (Selective and differential media) คือใช้แยกชนิดและบอกความแตกต่างของจุลินทรีย์ได้ เช่น Mac Conkey agar เป็นอาหารที่ใช้แยกแบคทีเรียแกรมลบที่อยู่ในลำไส้ โดยใส่สีคริสตัวไวโอเลตและเกลือน้ำดี (bile salt) ห้ามการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวก ส่วนแบคทีเรียแกรมลบที่เจริญได้นั้น ถ้าย่อยน้ำตาลแล็กโทสให้เป็นกรดได้ทำให้โคโลนีมีสีแดง เพราะสีอินดิเคเตอร์ของ neutral red เปลี่ยนไป ส่วนพวกที่ไม่ย่อยน้ำตามแล็กโทส โคโลนีจะใสไม่มีสีและเนื่องจากพวกที่ย่อยน้ำตาลแล็กโทสได้มักไม่ทำให้เกิดโรค อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดนี้จึงมีประโยชน์ในการแยกเชื้อจากลำไส้ที่ทำให้เกิดโรคและไม่ทำให้เกิดโรค (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ. 2539)

2.2 ระบบทางเดินหายใจและอาการ

2.2.1 ทางเดินหายใจส่วนบน

อวัยวะทางเดินหายใจส่วนบนประกอบด้วยจมูก โพรงอากาศข้างจมูกหรือไซนัส (paranasal sinuses) คอ (pharynx) และกล่องเสียง (larynx)

จมูก

จมูกเป็นช่องทางผ่านอากาศมี 2 ช่อง ประกอบด้วยกระดูกแข็งและกระดูกอ่อน ภายในช่องจมูกบุด้วยเยื่อเมือก (บุตลอดไปจนถึงทางเดินหายใจส่วนล่าง) และมีขน (cilia) ทำหน้าที่ป้องกันฝุ่นละอองหรือสิ่งแปลกปลอมเล็ก ๆ ที่ลงสู่ทางเดินหายใจส่วนล่าง ระหว่างช่องจมูกมีผนังบาง ๆ กั้น เรียกว่า สันจมูก ช่องจมูกด้านหลังเปิดสู่ส่วนคอ (nasal pharynx) เป็นโพรงกว้างประกอบด้วยกระดูกเทอร์มิเนท ลักษณะคล้ายเปลือกหอย มีประสาทออลแฟคตอรี (alfactory nerve) มาเลี้ยง จมูกทำหน้าที่รับกลิ่นต่าง ๆ ช่วยขับเยื่อเมือกเป็นที่ ๆ กั้นฝุ่นละออง เชื้อโรคไม่ให้เข้าทางเดินหายใจโดยการจาม และยังช่วยให้อากาศที่เข้าไปในทางเดินหายใจชื้นหรืออุ่นขึ้น (บุญสืบ ศรีไชยยันต์ และแสงจันทร์ ทองมาก. 2538)

โพรงอากาศข้างจมูกหรือไซนัส (Paranasal sinuses)

โพรงอากาศข้างจมูกมีบทบาทสำคัญในการพูด ช่วยปรับให้มีเสียงกังวาลและช่วยในการทรงตัวของศีรษะ ทำให้น้ำหนักของศีรษะลดลง โพรงอากาศข้างจมูกมี 4 คู่คือ

1. โพรงฟรอนตัล (Frontal sinuses) อยู่ที่กระดูกฟรอนตัลบริเวณเหนือหัวคิ้วทั้ง 2 ข้าง บางคนอาจไม่มีหรือมีเพียงอันเดียว

2. โพรงเอธมอยด์ (Ethmoid sinuses) อยู่ในส่วนด้านบนของสันจมูกกับเบ้าตา ด้านข้างของกระดูกเอธมอยด์มีลักษณะเป็นโพรงหลาย ๆ โพรงคล้ายรังผึ้ง

3. โพรงสฟีนอยด์ (Sphenoid sinuses) เป็นโพรงอากาศรูปขวานเปิดอยู่ด้านหลังอยู่ที่กระดูกสฟีนอยด์ด้านหลังจมูก

4. โพรงแมกซิลลารี (Maxillary sinuses of antrum) อยู่ใต้กระดูกแมกซิลลารีทั้ง 2 ข้างซึ่งอยู่ข้างแก้ม เป็นโพรงอากาศที่ใหญ่ที่สุด (บุญสืบ ศรีไชยยันต์ และแสงจันทร์ ทองมาก. 2538)

คอ (Pharynx)

คอ หมายถึง ส่วนที่เป็นทางผ่านของอากาศ และอาหารนับตั้งแต่ด้านหลังของจมูกจนถึงหลอดอากาศ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. คอส่วนจมูก (Nasopharynx) อยู่ทางด้านหลังของจมูกเหนือเพดานอ่อนขึ้นไปจนถึงส่วนล่างของกะโหลกศีรษะ ด้านหน้าติดต่อกับช่องจมูก ด้านหลังติดต่อกับกระดูกสันหลัง คอส่วนนี้เป็นทางผ่านของอากาศที่หายใจเข้าออก และทำหน้าที่ป้องกันมิให้อาหารที่กลืนเข้าไปกลับเข้าในจมูกโดยการหดตัวของกล้ามเนื้อและปิดหลอดอากาศในขณะกลืนอาหาร

2. คอส่วนปาก (Oropharynx) เป็นส่วนของคอที่อยู่หลังช่องปาก ที่เริ่มจากเพดานอ่อนลงมาจนถึงระดับของกระดูกไฮออยด์ (Hyoid bone) ของกล่องเสียง หน้าที่ของคอส่วนนี้คือเป็นทางร่วมของการกลืนและการหายใจ บริเวณรอบ ๆ คอส่วนช่องปากนี้มีต่อมทอลซิลมีหน้าที่ช่วยทำลายเชื้อโรคบริเวณคอ

3. คอส่วนกล่องเสียง (Laryngo or hypopharynx) เป็นส่วนล่างของคอที่อยู่ด้านหลังของกล่องเสียงตั้งต้นจากกระดูกโคนลิ้นจนถึงส่วนต้นของหลอดอาหาร ตรงกับขอบล่างของกระดูกไครคอยด์ (Cricoid cartilage) คอส่วนนี้เป็นส่วนที่อากาศหายใจเข้าสู่กล่องเสียงด้านหน้าของคอส่วนนี้มีลิ้นปิดกล่องเสียง (epiglottis) ซึ่งจะปิดขณะกลืนอาหาร คอส่วนกล่องเสียงมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการออกเสียง เป็นทางผ่านของอากาศหายใจ ช่วยให้กลืนอาหารสะดวกไม่สำลัก โดยการปิดของฝาปิดกล่องเสียงไม่ให้อาหารตกลงไปในหลอดลมและช่วยเพิ่มกำลังของกล้ามเนื้อเมื่อต้องการออกแรงมาก ๆ โดยกักลมไว้ในหลอดลม ทำให้ความดันในช่องอกและช่องท้องเพิ่มขึ้น (บุญสืบ ศรีไชยยันต์ และแสงจันทร์ ทองมาก. 2538)

กล่องเสียง (Larynx)

กล่องเสียงเป็นต้นกำเนิดของเสียงตั้งอยู่ส่วนบนสุดของหลอดลม ประกอบด้วยกระดูกลูกกระเดือย (Thyroid cartilage) กระดูกไครคอยด์ (Cricoid cartilage) สายเสียง 2 สาย (Vocal cords) ซึ่งถ่างหรือชิดได้ด้วยกล้ามเนื้อที่เกาะยึดกับกระดูกสามเหลี่ยม (Arytenoid) โดยประสาทเวกัส กระดูกลูกกระเดือกเป็นกระดูกอ่อนที่ใหญ่ที่สุด ลักษณะคล้ายโล่ คือมีกระดูกเฉพาะด้านหน้า ด้านหลังเป็นกล้ามเนื้อและเอ็น กระดูกไครคอยด์อยู่ใต้กระดูกลูกกระเดือก มีลักษณะกลมเหมือนวงแหวน เป็นกระดูกอ่อนของกล่องเสียงชิ้นเดียวที่เป็นวงกลมซึ่งแข็งแรงที่สุด ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายของอวัยวะภายในของทางเดินหายใจส่วนนี้ ใต้กระดูกไครคอยด์ลงไปจะเป็นกระดูกหลอดลม กระดูกสามเหลี่ยมเป็นกระดูกชิ้นเล็ก 2 ชิ้น วางอยู่บนกระดูกไครคอยด์มีหน้าที่ในการปิดและเปิดกล่องเสียง (บุญสืบ ศรีไชยยันต์ และแสงจันทร์ ทองมาก. 2538)

2.2.2 ทางเดินหายใจส่วนล่าง

อวัยวะทางเดินหายใจส่วนล่าง ประกอบด้วย หลอดลมใหญ่ (Trachea) หลอดลมแยก (Bronchi) และปอด

หลอดลมใหญ่

หลอดลมใหญ่ตั้งอยู่ด้านหน้าของหลอดอาหาร ตั้งต้นจากกล่องเสียงตรงระดับกระดูกสันหลังส่วนคอท่อนที่ 6 ทอดลงไปถึงระดับกระดูกสันหลังส่วนอกท่อนที่ 5 แล้วแยกออกเป็น 2 หลอดซ้ายขวาเรียกว่าหลอดลมแยก

หลอดลมแยก

หลอดลมแยกเป็นส่วนที่ต่อจากหลอดลมใหญ่ มีลักษณะทอดยาวไปในเนื้อปอดข้างขวาสั้นกว่าข้างซ้าย ซึ่งทำให้เชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมตกลงไปทางขวามากกว่าทางซ้าย ดังนั้นจึงพบว่าปอดข้างขวามักเกิดโรคมากกว่า ส่วนประกอบของหลอดลมแยกเช่นเดียวกับหลอดลมใหญ่ แต่มีขนาดเล็กลงและผนังจะบางลงเรื่อยๆ จนสุดท้ายจะมีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร ไม่มีกระดูกอ่อนมีแต่ชั้นกล้ามเนื้อบาง ๆ และเนื้อเยื่ออิลัสติค (Elastic tissue) เท่านั้น ที่ปลายหลอดลมแขนงเล็ก ๆ คือถุงลม (Alveoli) ซึ่งรวมกันเป็นพวง

ปอด

ปอดตั้งอยู่ในช่องอกมี 2 ข้าง ซ้ายและขวามีรูปร่างกล้ายกรวย (Cone shape) ฐานปอดตั้งบนกระบังลม ส่วนยอดอยู่เหนือกระดูกซี่โครงอันที่ 1 (หรือเหนือกระดูกไหปลาร้าประมาณ ½ นิ้ว) ด้านนอกนูนโค้งออกมาพอดีกับช่องอก ด้านในเรียก ไฮลัม (Hilum) เป็นส่วนของขั้วปอด ซึ่งมีเลือดแดง ดำ หลอดน้ำเหลือง ต่อมน้ำเหลืองมากมายมาเลี้ยงปอดและอวัยวะในทรวงอก ลักษณะของเนื้อปอด หยุ่นคล้ายฟองน้ำประกอบด้วยหลอดลม ถุงลม หลอดเลือดและเส้นประสาทมากมายยึดติดกันด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ปอดแต่ละกลีบจะประกอบด้วยกลีบเล็ก ๆ (Tubule) หลายกลีบ แต่ละกลีบเล็ก ๆประกอบด้วยแขนงของหลอดลมฝอย (Bronchiole) 1 อัน และถึงลมหลาย ๆ อัน ภายนอกถุงลมจะมีเส้นเลือดฝอยกระจายอยู่ทั่ว ๆ ไป และตรงบริเวณส่วนนี้อากาศจะซึม (Diffuse) ผ่านเยื่อบาง ๆ ของถุงลมและหลอดเลือดฝอยเพื่อแลกเปลี่ยนอากาศ

ปอดแต่ละข้างมีเยื่อหุ้มปอดบาง ๆ 2 ชั้น คือ ชั้นในติดอยู่กับปอด ชั้นนอกติดอยู่กับกล้ามเนื้อที่ยึดกระดูกซี่โครง เยื่อ 2 ชั้นนี้จะติดกันเป็นผืนเดียวโดยตลบกลับที่ส่วนฐานของปอด ระหว่างเยื่อหุ้มปอดทั้ง 2 ชั้นจะมีช่องว่าง (Pleural cavity) ซึ่งมีน้ำช่วยหล่อลื่นเล็กน้อย (บุญสืบ ศรีไชยยันต์ และแสงจันทร์ ทองมาก. 2538)

2.2.3 การตอบสนองของทางเดินหายใจต่อสิ่งแปลกปลอม

2.2.3.1 กระบวนการอักเสบ

ทางเดินหายใจมีด่านป้องกันสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกายด่านแรกคือ สารเมือก (Mucous) และเซลล์ขน (Cilia) ที่คลุมอยู่บนเยื่อบุทางเดินหายใจ (Mucous membrane) ในกรณีที่สิ่งแปลกปลอมในอากาศสามารถเอาชนะด่านป้องกันเหล่านี้ได้ สิ่งแปลกปลอมก็จะเข้าไปในเยื่อบุทางเดินหายใจและจะทำลายเยื่อบุทางเดินหายใจด้วยวิธีการต่าง ๆ กัน จนกระทั่งทำให้เซลล์ตาย เซลล์ที่ตายจะกระตุ้นให้เกิดกระบวนการอักเสบแบบเฉียบพลันขึ้น

กระบวนการอักเสบแบบเฉียบพลันเริ่มขึ้นจากแมสท์เซลล์ (Mast cell) อยู่บริเวณเนื้อเยื่อนั้นหลั่งสารภายในออกมา เช่น ฮีสตามีน ซึ่งทำให้เส้นเลือดขยายและมีการซึมผ่านของสารเหลวภายในเส้นเลือด เช่น แอนติบอดี ไลโซโซมออกมานอกเส้นเลือด เพื่อต่อต้านสิ่งแปลกปลอม กระบวนการอักเสบที่เกิดขึ้นเป็นกลไกการป้องกันร่างกาย โดยทำให้สิ่งแปลกปลอมเจือจางลง และนำแอนติบอดีที่มีคุณสมบัติทำลายสิ่งแปลกปลอมแต่ละอย่างเป็นการมาเฉพาะที่บริเวณอักเสบนั้นเพื่อมาต่อต้านกับสิ่งแปลกปลอมเหล่านั้น

2.2.3.2 ผลของกระบวนการอักเสบ

การอักเสบทำให้เยื่อบุทางเดินหายใจมีลักษณะบวมแดง มีน้ำเหลว ๆ ออกมาปนกับสารเมือกที่เยื่อบุทางเดินหายใจ ทำให้เกิดอาการผิดปกติต่ออวัยวะต่าง ๆ ดังนี้

1. จมูก จะทำให้มีอาการคันจมูก คัดจมูก น้ำมูกไหลและจาม เยื่อจมูกบวมแดง ซึ่งพบในโรคไข้หวัด หวัดจากภูมิแพ้และไข้หวัดใหญ่
2. โพรงจมูก อาการโพรงจมูกอักเสบจะมีอาการปวดบริเวณใบหน้า บวมรอบๆดวงตาตอนเช้า แน่นในโพรงจมูกหรือหายใจในโพรงจมูกไม่สะดวกและปวดศีรษะ (ภัควัฒน์ แสนเจริญ. 2553)
3. คอ ทำให้ไอมีเสมหะ เจ็บคอ ระคายคอ ผนังคอจะแดง และขรุขระคล้ายผิวมะระพบในโรคคออักเสบ
4. กล่องเสียง กล่องเสียงจะบวมในเด็กเล็ก ทำให้กล่องเสียงเล็กตีบตันอากาศหายใจผ่านเข้า-ออกลำบาก เพราะกล่องเสียงแคบลง ถ้ากล่องเสียงแคบมากจะทำให้มีเสียงฮืด (Stridor) และหน้าอกบุ๋มขณะหายใจเข้า ส่วนเด็กโตหรือผู้ใหญ่จะมีเสียงแหบ ไอมีเสียงกังวาน และเจ็บคอขณะพูด
5. หลอดลม จะทำให้หลอดลมบวมและมีการหดเกร็งของหลอดลม มีเสมหะเหนียวติดอยู่ที่หลอดลม ทำให้ไอมีเสมหะเหนียว การที่หลอดลมบวมมีเสมหะทำให้อากาศหายใจผ่านลำบาก ผู้ป่วยจะมีอาการหอบเหนื่อย หายใจลำบาก เมื่อฟังด้วยหูฟังจะมีเสียงวี๊ด (Rhonchi) ตอนใกล้จะสุดเสียงหายใจเข้าหรือช่วงต้นของเสียงหายใจออก พบในโรคหลอดลมอักเสบเฉียบพลันและโรคหืด

6. ถุงลม จะมีสารเหลวเข้าไปในถุงลม ในสารเหลวประกอบด้วยเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว เชื้อโรคและไฟบริน ในระยะแรกจะมีเม็ดเลือดแดงเป็นส่วนใหญ่ ต่อมาจะมีเม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้นและเริ่มกลืนกินเชื้อโรคโดยเม็ดเลือดขาว หลอดเลือดฝอยที่ปอดและที่ผนังถุงลมขยายตัวออกมากทำให้เนื้อปอดมีสีแดงจัด ถุงลมที่มีการอักเสบดังกล่าวนี้จะไม่สามารถทำหน้าที่แลกเปลี่ยนอากาศได้ตามปกติ ทำให้มีอาการเหนื่อยหอบ หายใจเร็ว ถ้าเคาะปอดตรงตำแหน่งที่มีการอักเสบจะเคาะได้เสียงทึบ ถ้าฟังปอดตรงตำแหน่งมีการอักเสบจะได้ยินเสียงกรอบแกรบ (Crepitation) พบในโรคปอดบวม (บุญสืบ ศรีไชยยันต์ และแสงจันทร์ ทองมาก. 2538)

2.2.4 ปัจจัยที่ทำให้เกิดความผิดปกติของทางเดินหายใจ

1. ไวรัส หมายถึง สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ที่มีการเพิ่มจำนวนภายในเซลล์สิ่งมีชีวิตโดยใช้สารประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์เพื่อสังเคราะห์ไวรัสตัวใหม่ขึ้น และสามารถถ่ายทอดไปสู่เซลล์อื่น ๆ ได้

2. แบคทีเรีย เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างแบบง่าย ๆ โดยประกอบด้วยเซลล์เดี่ยว ๆ แต่ละเซลล์มีขนาดเล็กมาก สามารถเจริญเติบโตได้ในจานทดลอง ในทางเดินหายใจมีแบคทีเรียหลายชนิดอาศัยอยู่แต่ไม่ทำให้เกิดโรค

3. สารก่อภูมิแพ้ สารก่อภูมิแพ้ได้แก่สารที่มีอยู่ทั่วไป ซึ่งคนปกติทั่ว ๆ ไปจะไม่มีอาการแพ้ แต่ในคนที่มีภูมิไวเกินเมื่อสารเหล่านี้เข้าสู่ร่างกายจะกระตุ้นเซลล์พลาสมา (Plasma cell) สร้างแอนติบอดีเฉพาะขึ้นในเยื่อบุโดยเฉพาะที่จมูกและหลอดลม โดยเคลือบอยู่ที่ผิวของเซลล์แมสท์ (Mast cell) เมื่อสารภูมิแพ้ชนิดเดิมผ่านเข้ามาจะมีการรวมตัวของสารกับแอนติบอดีบนเซลล์แมสท์นี้ เซลล์แมสท์ที่มีการรวมตัวของสารก่อภูมิแพ้กับแอนติบอดีนี้จะปล่อยสารบางชนิดออกมา เช่น ฮีสตามีน สารที่เซลล์แมสท์ปล่อยออกมานี้จะไปทำให้เส้นเลือดฝอยบริเวณนั้นขยายตัว เยื่อบุของจมูกหลังน้ำมูกมากขึ้น ผนังหลอดลมบวมและหดเกร็ง สารภูมิแพ้ที่พบบ่อย ได้แก่ เกสรดอกไม้ ไรบ้าน แมลงสาบ เชื้อขา ขนสัตว์ อาหารบางชนิด เป็นต้น สารภูมิแพ้ทำให้เกิดโรคทางเดินหายใจ คือ ไข้หวัดจากภูมิแพ้และโรคหืด

4. สารระคายเคือง ได้แก่สารที่มีคุณสมบัติในการทำลายเยื่อบุ โดยเฉพาะเยื่อบุทางเดินหายใจ เช่น ไนโตรเจนออกไซด์ ซัลเฟอร์ออกไซด์ แอมโมเนีย ควันบุหรี่ โดยเฉพาะในควันบุหรี่มีสารหลายชนิดอยู่ในรูปอนุภาคและก๊าซ สารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับเยื่อบุทางเดินหายใจตลอดตั้งแต่เยื่อบุในจมูกจนถึงถุงลม ทำให้หลอดลมอักเสบเรื้อรัง และทำลายหลอดลมฝอยส่วนปลายและถุงลมไปทีละน้อย เมื่อทำลายถึงระดับหนึ่ง จนทำให้ปอดเสื่อมสมรรถภาพทำให้เกิดโรคถุงลมโป่งพองขึ้น (บุญสืบ ศรีไชยยันต์ และแสงจันทร์ ทองมาก. 2538)

2.3 โรคอาคารป่วย (Sick Building Syndrome)

อาคารป่วย หมายถึง ภัยร้ายต่าง ๆ ที่แอบแฝงอยู่ภายในอาคาร ซึ่งสามารถก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพของผู้อาศัยทั้งในระยะสั้น และระยะยาว แม้ตัวอาคารจะมีความปลอดภัยเชิงโครงสร้าง หรือเป็นอาคารที่พึ่งก่อสร้างแล้วเสร็จก็ตาม โดยอาการของผู้อาศัยที่มักจะพบ เนื่องจากสาเหตุอาคารป่วยประกอบด้วย เยื่อจมูกอักเสบ ไอ จาม หืดหอบ หายใจลำบาก โรคเกี่ยวกับปอด เยื่อบุลูกตาอักเสบ ปวดหัว อ่อนเพลีย คลื่นไส้ ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ ซึ่งหากพบอาการดังกล่าวโดยไม่สามารถหาสาเหตุอื่นได้ มีโอกาสที่สาเหตุดังกล่าวจะเกิดจากสาเหตุอาคารป่วย และโรคที่เกิดขึ้นจึงเรียกว่า โรคอาคารป่วย (Sick Building Syndrome, SBS)

สาเหตุของโรคอาคารป่วยที่แท้จริงก็คือการระบายอากาศภายในห้องไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการสะสมของสารเคมีที่เป็นอันตรายต่าง ๆ ที่เจือปนอยู่กับอากาศภายในตัวอาคาร ทั้งที่เกิดจากภายนอกและเกิดจากภายในตัวอาคารเอง นอกจากนี้ยังรวมถึงเชื้อโรค เชื้อรา แบคทีเรีย และละอองเกสรดอกไม้ที่สะสมและอาศัยอยู่ภายในตัวอาคารอีกด้วย โดยทางกรมควบคุมสิ่งแวดล้อมของทางสหรัฐอเมริกา (Environmental Protection Agency, EPA) ได้ชี้ให้เห็นถึงโอกาสความรุนแรงของปริมาณมลพิษในอากาศภายในตัวอาคาร ที่จะสูงกว่าปริมาณมลพิษที่พบในอากาศภายนอกตัวอาคาร สาเหตุหนึ่งเนื่องมาจาก การปรับเปลี่ยนมาตรฐานการระบายอากาศภายอาคารในปี ค.ศ. 1973 และได้ลดค่ามาตรฐานของอัตราการระบายอากาศของอาคารจาก 15 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ต่อผู้อาศัย เหลือเพียง 5 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ต่อผู้อาศัย ทำให้มลพิษไม่สามารถไหลเวียนถ่ายเทออกสู่ภายนอกได้ และสะสมอยู่ภายในตัวอาคาร

โดยแหล่งที่มาของการสะสมมลพิษภายในอาคารที่เป็นสาเหตุของโรคอาคารป่วย สามารถมาได้จากทั้งภายนอก และเกิดขึ้นจากภายตัวอาคารเองโดยแหล่งที่มาจากภายนอกตัวอาคาร เช่น ควันไอเสียของรถยนต์ที่เข้ามาตามช่องเปิดต่าง ๆ ของตัวอาคาร หรือแม้แต่ก๊าซเรดอน ซึ่งเป็นหนึ่งในสารก่อมะเร็ง โดยก๊าซเรดอนเกิดจากการสะลายตัวของสารกัมมันตรังสีที่สามารถพบได้ในธรรมชาติทั้งในดิน หิน หรือน้ำบาดาลในบางพื้นที่ของประเทศไทย ซึ่งไม่มีรส กลิ่น สี จึงต้องมีการตรวจสอบด้วยเครื่องมือพิเศษจึงจะสามารถตรวจพบได้ ส่วนแหล่งที่เป็นต้นกำเนิดของมลพิษภายในอาคารเองนั้นมีหลายส่วน ซึ่งมลพิษที่พบส่วนมากได้แก่ ควันบุหรี่ มลพิษจากการเผาไหม้ สารเคมีอินทรีย์ต่างๆที่เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ของใช้ภายในบ้าน ฟอร์มาลดีไฮด์ ยาฆ่าแมลง พรม สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เป็นต้น (ภัควัฒน์ แสนเจริญ. 2553)

2.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอากาศ

คุณภาพอากาศในอาการจะมีผลต่อสุขภาพของคนทำงานมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

2.3.1.1 จำนวนคนที่อยู่ในอาคาร

ในอาคารหรือพื้นที่ทำงาน จำนวนคนที่อยู่ในอาคารต้องมีจำนวนที่ไม่มากเกินกว่าความสามารถของระบบระบายอากาศ และขนาดพื้นที่ในอาคารหรือห้องทำงาน เนื่องจากการเผาผลาญสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานในร่างกายของคน ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และถูกปล่อยออกมากับลมหายใจออกของคน นอกจากนี้ยังพบว่าในลมหายใจออกยังมีการปล่อยไอน้ำและจุลชีพบางชนิดออกสู่บรรยากาศได้ด้วย

2.3.1.2 กิจกรรมที่เกิดขึ้นในอาคาร เป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งในแต่ละอาคารจะมีกิจกรรมที่แตกต่างกัน

2.3.1.3 กิจกรรมที่เกี่ยวกับการทำงานที่มีการใช้อุปกรณ์สำนักงานหรือลักษณะงานที่เป็นงานเอกสาร มีโอกาสที่จะเกิดฝุ่นสะสมได้

2.3.1.4 กิจกรรมการทำความสะอาดที่มีการใช้น้ำยาทำความสะอาดที่มีส่วนผสมของสารเคมี ความถี่ในการทำความสะอาดก็เป็นเรื่องสำคัญ หากในอาคารไม่มีตารางทำความสะอาดที่สม่ำเสมออาจทำให้เกิดปัญหาเรื่องฝุ่นหรือกลายเป็นแหล่งที่สะสมเชื้อโรคได้

2.3.1.5 กิจกรรมการบำรุงรักษาอาคารและระบบต่าง ๆ ภายในอาคาร หากอาคารไม่มีการบำรุงรักษาที่ดี ปล่อยให้มีรอยแตกร้าวหรือชำรุด มีโอกาสให้สิ่งปนเปื้อนหรือมลพิษจากภายนอกอาคารเล็ดลอดเข้าสู่ภายในอาคารได้ หรือระบบปรับอากาศขาดการบำรุงรักษา/ทำความสะอาด อาจมีโอกาสให้สิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ สะสมและแพร่กระจายสู่คนที่อยู่ในอาคารได้

2.3.1.6 กิจกรรมอื่น ๆ เช่น มีการปรุงอาหาร มีการสูบบุหรี่ การกำจัดมด ปลวก แมลงสาบ ยุง และแมลงวัน กิจกรรมเหล่านี้ล้วนแต่ทำให้ระดับของสารเคมีในอาคารสูงขึ้น ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในอาคารทั้งสิ้น ในอาคารสำนักงานควรจัดตารางเวลาการพ่นสารเคมีเหล่านี้ในวันหยุด เพื่อให้คนทำงานมีโอกาสรับสารเคมีดังกล่าวเข้าสู่ร่างกายน้อยที่สุด

2.3.1.7 เทคโนโลยี

ปัจจุบันในอาคารสำนักงานมีการใช้วัสดุ อุปกรณ์สำนักงานที่มีความทันสมัยและรวดเร็วตามการพัฒนาเทคโนโลยี เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร คอมพิวเตอร์ เครื่องพริ้นเตอร์และอื่น ๆ อีกมากมาย ด้วยเหตุนี้ทำให้อาคารสำนักงานมีโอกาสที่จะเกิดสารปนเปื้อน ที่เกิดจากกระบวนการทำงานของวัสดุ อุปกรณ์สำนักงานดังกล่าว

2.3.1.8 การตกแต่งอาคาร

ส่วนประกอบของตัวอาคาร และเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการตกแต่งพบว่ามีการปล่อยสารระเหยอินทรีย์ออกมาจากวัสดุดังกล่าว วัสดุที่สามารถปล่อยสารเคมีออกมาได้แก่ สี กาว พรมปูพื้น เฟอร์นิเจอร์ โดยจะพบได้ในบ้านเรือนหรืออาคารที่เพิ่งสร้างเสร็จ หรือตกแต่งเสร็จใหม่ ๆ จะมีไอระเหยของสารเคมีปนเปื้อนอยู่ในอากาศค่อนข้างสูง ทำให้ผู้ที่อยู่ในบ้านหรืออาคารสามารถได้กลิ่นของสารเคมีดังกล่าว เมื่อเวลาผ่านไปการปล่อยสารเคมีจะน้อยลงไปเรื่อย ๆ

2.3.1.9 คุณภาพอากาศภายนอกอาคาร

การไหลเวียนของอากาศจากภายนอกเข้ามาสู่ภายในอาคารที่เกิดจากระบบการจัดการอากาศโดยการดึงอากาศสะอาดจากภายนอกผ่านช่องทางนำอากาศเข้าสู่ภายในอาคาร หรือมีช่องรอยแตกของอาคาร ที่อาจมีการนำเอาอากาศภายนอกเข้าสู่อาการที่มีสารปนเปื้อนปะปน สารปนเปื้อนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดภายนอกได้แก่ ไอเสียรถยนต์ สารปนเปื้อนจากโรงงานอุตสาหกรรม ละอองเกสรดอกไม้ ฝุ่นสปอร์เชื้อรา หรือสารเคมีที่ใช้กำจัดแมลงที่ปนเปื้อนในดิน ดังนั้น อาคารแต่ละอาคารที่มีสถานที่ตั้งและสภาพแวดล้อมโดยรอบแตกต่างกัน ความเสี่ยงที่มลพิษจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคารจะไม่เท่ากัน โดยอาคารที่อยู่ในย่านการจราจรหนาแน่น หรืออยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรมมีโอกาสเสี่ยงต่อการรับสารปนเปื้อนหรือมลพิษจากภายนอกเข้าสู่อาคารได้มากกว่า

2.3.1.10 ระบบการจัดการอากาศภายในอาคาร

ระบบระบายอากาศ อาจเป็นได้ทั้งแหล่งของปัญหาและเป็นช่องทางในการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศในอาคาร หากได้รับการออกแบบและการบำรุงรักษาที่เหมาะสม จะสามารถควบคุมคุณภาพอากาศในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในทางตรงกันข้ามหากระบบระบายอากาศไม่ได้รับการบำรุงรักษาตามช่วงเวลาที่ควรจะเป็นระบบระบายอากาศอาจเป็นแหล่งของเชื้อชีวภาพ ฝุ่น และกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ได้

2.3.2 สิ่งปนเปื้อนที่สามารถพบได้ในอาคาร

สิ่งปนเปื้อนสำคัญที่มักเป็นสาเหตุของปัญหาคุณภาพอากาศ แบ่งเป็น

1. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
2. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
3. ฟอร์มาดีไฮด์
4. ออกไซด์ของไนโตรเจน
5. สารระเหยอินทรีย์ (Volatile Organic Compounds : VOCs)
6. โอโซน
7. เรดอน (Radon)
8. อนุภาคแขวนลอยในอากาศ
9. จุลชีพที่แขวนลอยในอากาศ (สร้อยสุดา เกสรทอง. 2549)

2.3.3 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการสะสมของเชื้อโรคในอาคาร

เชื้อโรค หมายถึง จุลินทรีย์ซึ่งสามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อหรือโรคติดเชื้อได้ เช่น ไวรัส แบคทีเรีย ราโปรโตซัว ริคเก็ตเชีย และหนอนพยาธิ (คลังปัญญาไทย. 2555) โดยปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดสาเหตุของการสะสมของเชื้อโรคในอาคาร ได้แก่ การรับเชื้อโรคจากภายนอกอาคาร การปนเปื้อนมากับผู้ใช้อาคาร และสภาพแวดล้อมภายในอาคารที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อโรค

2.3.3.1 การรับเชื้อโรคจากภายนอกอาคาร

การสะสมของเชื้อโรคภายในอาคาร ส่วนหนึ่งเกิดจากกระบวนการแลกเปลี่ยนอากาศจากภายนอกเข้ามาภายในอาคาร อาคารหลายแห่งได้รับการออกแบบและติดตั้งตำแหน่งช่องนำอากาศบริสุทธิ์ (fresh air) ที่จะเข้ามาในอาคารให้อยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดเชื้อโรค เช่น หอผึ่งเย็น (ท่อระบายความร้อน) หรือบริเวณที่มีการขนถ่ายขยะ เมื่อมีลมพัดผ่านในพื้นที่ดังกล่าว ลมอาจพัดพาเอาละอองของเชื้อโรคเข้าสู่ภายในอาคารได้ ทำให้อากาศที่ได้รับเข้ามานั้นแทนที่จะเป็นอากาศดีกลับกลายเป็นอากาศที่มีการปนเปื้อน ดังนั้นการพิจารณาตำแหน่งของช่องนำอากาศภายนอกเข้ามาภายในอาคารควรคำนึงถึงสภาพแวดล้อมของตำแหน่งที่ติดตั้ง ซึ่งควรอยู่ห่างบริเวณที่ปล่อยมลพิษหรือแหล่งสะสมของมลพิษให้มากที่สุด นอกจากนี้การรับเชื้อโรคเข้ามาในอาคารอาจเกิดจากการเปิดประตู หน้าต่างหรือเกิดจากการรั่วซึมของอากาศผ่านรอยรั่วของกรอบประตูหน้าต่าง

2.3.3.2 การปนเปื้อนมากับผู้ใช้อาคาร

สาเหตุของการปนเปื้อนของเชื้อโรคภายในอาคารส่วนหนึ่งเกิดจากผู้ใช้อาคารเป็นหลัก เชื้อโรคจากภายนอกอาคารอาจปนเปื้อนมาในรูปของฝุ่นที่ติดมากับเสื้อผ้า เซลล์ผิวหนัง และรองเท้าของคนในอาคารเอง นอกจากการปนเปื้อนในรูปของฝุ่นแล้ว เชื้อโรคในร่างกายของคนที่ป่วยจะถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกโดยการพูดคุย จามหรือไอ คนที่จามจะปล่อยเชื้อโรคขนาด 1-100 ไมครอน ออกสู่อากาศภายนอกได้ถึง 10,000-150,000 อนุภาค สำหรับการจามที่ปล่อยเชื้อโรคออกมาในรูปของของเหลวจะมีระยะทางไกล 3 ฟุต ซึ่งมีระยะทางการแพร่เชื้อสั้นกว่าเชื้อโรคที่ปนเปื้อนมากับฝุ่นที่ลอยในอากาศ

2.3.3.3 ความเหมาะสมของสภาพแวดล้อมภายในอาคาร

สาเหตุของการติดเชื้อแบ่งเป็น 3 ปัจจัย ได้แก่ จุลชีพ คน และสิ่งแวดล้อม สำหรับสปอร์ของเราและแบคทีเรียที่อยู่ในอาคารมาจากอากาศภายนอกอาคาร แต่เชื้อโรคเหล่านี้จะมีการเพิ่มจำนวนมากขึ้น ถ้าสิ่งแวดล้อมภายในอาคารมีความเหมาะสม เหตุผลอีกประการหนึ่งที่ส่งเสริมให้ภายในอาคารมีการสะสมของเชื้อโรคมากกว่าภายนอกอาคาร คือ ปัจจัยเรื่องแสงแดด แสงแดดจากดวงอาทิตย์สามารถทลายเซลล์ของเชื้อโรคภายในเวลา 0.5-1.0 นาที ดังนั้นคนที่อยู่ภายในอาคารจึงมีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคติดเชื้อได้มากกว่าคนที่อยู่ภายนอกอาคาร การที่เชื้อโรคเข้ามาในอาคารและไม่มีการถ่ายเทออกสู่ภายนอกได้ปริมาณการสะสมของเชื้อโรคภายในอาคารจึงมีเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ และสภาพแวดล้อมในอาคารนี้เองที่เป็นปัจจัยสำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่เอื้อให้เกิดการเพาะพันธุ์และเพิ่มจำนวนของเชื้อโรคได้เช่นกัน สภาพอากาศที่ส่งเสริมให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อโรคแบ่งออกเป็น 4 ตัวแปร ดังนี้

1. ความชื้น

การแลกเปลี่ยอากาศจากภายนอกเข้ามาในอาคารส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความชื้นภายในอาคาร ความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการเจริญเติบโตของเชื้อโรค โดยพบว่าเชื้อโรคแต่ละชนิดเจริญเติบโตที่ระดับความชื้นแตกต่างกัน เชื้อราและแบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีความชื้นสูง ในขณะเดียวกันไวรัสจะเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีความชื้นต่ำ (อากาศแห้ง) ตรงกับข้อมูลของสมาคมวิศวกรการทำความร้อน การทำความเย็นและการปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society of Heating, Refrigerating, and Air conditioning Engineers : ASHREA) ที่ทำการรวบรวมงานวิจัยที่ศึกษาความสัมพันธ์ของความชื้นที่ส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนของเชื้อโรคประเภทต่าง ๆ พบว่าเชื้อโรคเกือบทุกประเภทจะมีการเจริญเติบโตต่ำที่สุดอยู่ในช่วงความชื้นร้อยละ 40-60

2. อุณหภูมิ

นอกจากความชื้นแล้ว อุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถฆ่าเชื้อโรคให้ตายได้ เชื้อโรคที่ก่อโรคในคนส่วนใหญ่จัดอยู่ในประเภทเมโซไฟล์ (Mesophiles) ซึ่งเจริญเติบโตที่อุณหภูมิระหว่าง 25-40 องศาเซลเซียส และเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิระหว่าง 30-40 องศาเซลเซียส และสามารถตายในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงมาก สำหรับค่าอุณหภูมิอากาศปกตินั้นไม่สามารถฆ่าเชื้อโรคให้ตายได้ แต่จะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรคให้ช้าลงเท่านั้น สมาคมวิศวกรการทำความร้อน การทำความเย็นและการปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา พบว่า การออกแบบสภาพอากาศที่เชื้อโรคเจริญเติบโตช้าควรอยู่ใช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 23-26 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 35-55 และอุณหภูมิตั้งแต่ 20-23 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50-55

3. การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์

แสงจากดวงอาทิตย์ประกอบไปด้วยคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นช่วงต่าง ๆ มากมาย สำหรับช่วงของคลื่นแสงที่สามารถฆ่าหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรคได้นั้น คือช่วงคลื่นแสงยูวี-ซี ซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 253.7 นาโนเมตร แสงยูวีนอกจากจะฆ่าเชื้อโรคแล้วยังทำลายเซลล์ผิวหนังของมนุษย์ อีกทั้งยังทำลายสีของเฟอร์นิเจอร์ให้ดูเก่าเร็ว หลอดยูวีที่ใช้ภายในอาคารจึงไม่นิยมติดตั้งไว้ภายในห้องที่มีคนอยู่ แต่นิยมติดตั้งที่ระบบปรับอากาศ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่กักเก็บและกรองฝุ่นและเชื้อโรคในอากาศที่หมุนเวียนภายในอาคาร นอกจากนี้อัตราการตายของเชื้อโรคยังขึ้นอยู่กับความเร็วของเชื้อโรคที่เคลื่อนที่ผ่านรังสียูวี เชื้อโรคที่เคลื่อนที่ผ่านรังสียูวีเร็วจะมีอัตราการตายที่น้อยกว่าเชื้อโรคที่เคลื่อนที่ช้า ด้วยเหตุผลนี้เอง การใช้รังสียูวีจึงไม่สามารถฆ่าเชื้อโรคที่ลอยอยู่ในอากาศได้ทั้งหมด

4. ออกซิเจนในอากาศ

ถึงแม้ว่าออกซิเจนเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต แต่จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อโรค พบว่าออกซิเจนเป็นปัจจัยที่ส่งผลน้อยมากเมื่อเทียบกับปัจจัยด้านอุณหภูมิและความชื้น เนื่องจากเชื้อโรคบางประเภทสามารถเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้นในสภาพแวดล้อมที่ไม่มีออกซิเจนได้

เมื่อพิจารณาวงจรการเจริญเติบโตของเชื้อโรคภายในอาคาร พบว่า ความชื้นจะจับตัวกับเชื้อโรคที่ลอยอยู่ในอากาศทำให้เชื้อโรคมีน้ำหนักมากขึ้น และเริ่มตกลงบนพื้นผิวเครื่องใช้ต่าง ๆ จากการสำรวจวัสดุที่ใช้ในอาคารโดยทั่วไปแล้ววัสดุส่วนใหญ่มีสารประกอบประเภทเซลลูโลส และคาร์บอน ซึ่งสารประกอบดังกล่าวเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของเชื้อโรค ถ้าพื้นผิววัสดุนั้นมีความชื้นที่เหมาะสมแล้วปัจจัยทางสภาพแวดล้อมดังกล่าวจะส่งเสริมให้เชื้อโรคมีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้น เมื่อมีลมพัดผ่านในบริเวณนั้น ลมจะพัดเอาเชื้อโรคที่สะสมตามพื้นผิววัสดุเครื่องใช้กลับขึ้นมาลอยอยู่ในอากาศอีกครั้ง

นอกจากเชื้อโรคต้องการสารอาหารในการเจริญเติบโตแล้ว ยังต้องอาศัยสภาพอากาศที่เหมาะสมในการดำรงชีพอีกด้วย ดังนั้นการควบคุมหรือยับยั้งการแพร่ระบาดของเชื้อโรคภายในอาคาร นอกจากการใช้แสงแดดส่องเข้ามาในอาคาร การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องก็เป็นอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรคภายในอาคารได้ นอกจากปัจจัยด้านสภาพอากาศในอาคาร การออกแบบและการจัดการอาคารที่ไม่เหมาะสมเป็นอีกสาเหตุหนึ่งของการเกิดแหล่งสะสมของเชื้อโรคได้เช่นกัน (ดารณี จารีมิตร และคณะ. 2548)

2.3.4 สาเหตุของโรคอาคารป่วย ผลกระทบ แหล่งกำเนิด และวิธีป้องกัน

สาเหตุ	ผลกระทบ	แหล่งกำเนิด	การควบคุม ป้องกัน
ฟอร์มาลดิไฮด์	• เกิดการระคายเคืองต่อตา จมูก และลำคอ • ปวดหัว • มีโอกาสก่อให้เกิดมะเร็งในระบบทางเดินหายใจ	พบในหลากหลายผลิตภัณฑ์ เช่น เฟอร์นิเจอร์, พรม, ไม้อัด, แผ่นไม้ประกอบ, ฉนวนกันความร้อนบางประเภท	เพิ่มการระบายอากาศในตัวอาคาร, ทำการปิดผนึกแหล่งกำเนิดของสารมลพิษโดยรอบ
ผลที่เกิดจากการเผาไหม้	• ปวดหัว, เวียนหัว • หายใจลำบาก • ถึงขั้นเสียชีวิตในกรณีของก๊าซมอนน็อกไซด์	เตาแก๊ซ, อุปกรณ์ใช้ในการเผาไหม้ประเภทอื่นๆ, ควันบุหรี่	ตรวจสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในการเผาไหม้ว่าอยู่ในสภาพสมบูรณ์ และมีการระบายอากาศสู่ภายนอกอย่างเหมาะสม, ติดตั้งพัดลมดูดอากาศบริเวณเตาแก๊ซ
ผลิตภัณฑ์ของใช้ภายในบ้าน	• การระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ • ทำลายระบบประสาทส่วนกลาง, ตับ และ ไต • มีโอกาสก่อให้เกิดมะเร็ง	ผลิตภัณฑ์สเปรย์ต่างๆ, ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด, สี, ตัวทำละลาย, กาว, ยาฆ่าแมลง, เครื่องถ่ายเอกสาร, เครื่องคอมพิวเตอร์	ปฏิบัติตามฉลากผลิตภัณฑ์อย่างเคร่งครัด, ให้มีอากาศถ่ายเทเพียงพอระหว่างใช้ผลิตภัณฑ์
ควันบุหรี่	• มะเร็งปอด • โรคหัวใจ	ควันบุหรี่จากผู้อื่น	หลีกเลี่ยงการสูบบุหรี่ เพิ่มการระบายอากาศ และติดตั้งเครื่องกรองอากาศ
ก๊าซเรดอน	• มะเร็งปอด	ดิน หรือหินภายใต้ตัวอาคาร น้ำบาดาล วัสดุก่อสร้างบางชนิด	ดำเนินการตรวจสอบหาโอกาสการเกิดก๊าซเรดอน, เพิ่มการระบายอากาศ, ดำเนินการปิดทึบพื้นและผนังของห้องใต้ดิน และช่องเปิดต่างๆโดยรอบ
การสะสมของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก	• ภูมิแพ้ คัดจมูก หรือเกิดการติดเชื้อทางอากาศ	สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการสะสมของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก	การทำความสะอาดบ้านอยู่เสมอ เพิ่มการระบายอากาศ และลดความชื้นภายในตัวอาคาร

ที่มา : ภัควัฒน์ แสนเจริญ. 2553

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ดารณี จารีมิตรและคณะ ได้ศึกษาเกี่ยวกับโรคระบบทางเดินหายใจ : ความเสี่ยงร้ายแรงจากการออกแบบและจัดการอาคารสำนักงานที่ไม่เหมาะสม จากการสำรวจและสัมภาษณ์อาคาร 8 หลัง พบว่า ปัจจัยที่อาจส่งผลต่อการสะสมของเชื้อโรคภายในอาคารได้แก่

1. วัสดุและเครื่องใช้สำนักงานที่มีคุณสมบัติในการดูดซับความชื้นได้ดี จะเป็นแบบประเภทไม้ กระดาษ ผ้า ซึ่งมีคุณสมบัติดูดซับได้ดีและ เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญต่อการเติบโตของเชื้อโรคซึ่งจากข้อมูลของสำนักอนามัย และสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย ที่ทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในโรงแรมแห่งหนึ่งพบว่า ห้องพักที่ใช้วัสดุตกแต่งและเฟอร์นิเจอร์ประเภทผ้า ไม้ พรม กระดาษ จะพบปริมาณเชื้อโรคสูงถึง 350 โคโลนี

2. การออกแบบและการจัดสภาพแวดล้อมที่ทำให้เกิดซอก หรือมุมภายในอาคารเป็นบริเวณที่เกิดคราบสกปรกง่าย และทำความสะอาดยาก การวางกองเอกสาร หรือกล่องลังเกะกะ ทำให้การตรวจสภาพแวดล้อมและการทำความสะอาดลำบากมากขึ้น การละเลยในการทำความสะอาดพื้นที่ดังกล่าวส่งผลให้เป็นสาเหตุของการสะสมของฝุ่นและแหล่งกำเนิดของเชื้อโรคประเภทต่างๆได้เช่นกัน

3. ความชื้นภายในอาคารมีค่าสูงหรือต่ำเกินไป สาเหตุของการสะสมความชื้นภายในอาคารส่วนหนึ่งเกิดจากการจัดให้มีแหล่งกำเนิดความชื้น ได้แก่ ห้องครัวหรือห้องน้ำไว้ในส่วนของพื้นที่ที่ทำงาน นอกจากนี้ จากการศึกษาสภาพอุณหภูมิ-ความชื้นของอาคารปรับอากาศ พบว่าสภาพอากาศในช่วงกลางคืนที่มีความชื้นค่อนข้างสูงอีกทั้งวัสดุและเฟอร์นิเจอร์ภายในมีคุณสมบัติในการกักเก็บความชื้นได้ดี ซึ่งชี้ให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมในช่วงเวลาดังกล่าวส่งเสริมให้เกิดการสะสมของเชื้อโรคภายในอาคารได้ง่ายขึ้น

4. การออกแบบพื้นที่ไม่เพียงพอสำหรับการทำความสะอาดและซ่อมบำรุง พบว่ามีการออกแบบขนาดของห้องให้พอดีกับขนาดของเครื่องที่มาติดตั้งทำให้เหลือพื้นที่ในการทำความสะอาดและซ่อมบำรุงน้อยและงานระบบที่ต้องใช้น้ำในการทำความสะอาดผู้ออกแบบควรเตรียมระบบระบายน้ำเพื่อป้องกันการเกิดน้ำขัง และคราบตะไคร่ขึ้น

5. ปัญหาที่เกิดจากความชื้นในระบบปรับอากาศ ส่วนมากจะพบในแผงกรองอากาศและถาดน้ำทิ้งซึ่งจะมีน้ำขังอยู่

6. แนวทางการประหยัดพลังงาน เช่นการปิดช่องนำอากาศเข้า หรือลดการทำงานของพัดลมดูดอากาศส่งผลให้อากาศภายในอาคารไม่มีการเจือจางกับอากาศที่สะอาดกว่า

7. การทำความสะอาดหรือติดตั้งวัสดุต่างๆภายในอาคารที่ผิดวิธี (ดารณี จารีมิตร และคณะ. 2548)

กัลยา จันทร์ประเสริฐ ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศด้านจุลชีววิทยาและระบบปรับอากาศของอาคารในโรงพยาบาล โดยทำการศึกษาในโรงพยาบาลรัฐใน 5 หน่วยงานที่มีการใช้ระบบปรับอากาศที่มีระบบกำจัดเชื้อโรคและหน่วยงานที่ไม่มีระบบกำจัดเชื้อโรค ทำการตรวจหาปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราจำนวน 38 ตัวอย่าง พบว่าคุณภาพอากาศทางจุลชีววิทยาในอาคารกับปัญหาความเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นกับบุคลากรที่ทำงานในหน่วยงานที่เก็บตัวอย่างอากาศมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่าจำนวนแบคทีเรียมีความสัมพันธ์กับอาการคอแห้ง ส่วนจำนวนรามีความสัมพันธ์กับอาการเจ็บหน้าอก หายใจลำบาก/ขัด เวียนศีรษะ และหายใจหอบ (กัลยา จันทร์ประเสริฐ. 2547)

บุษกร อุตรภิชาติ และคณะ ได้ศึกษาเชื้อราในหอพักนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง โดยทำการศึกษาความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิห้อง การปริมาณเชื้อราในหอพักจำนวน 60 ห้อง พบว่าความชื้นสัมพัทธ์ในห้องอยู่ระหว่างร้อยละ 66-88 อุณหภูมิห้อง 27-32 องศาเซลเซียส และตรวจหาเชื้อราบริเวณตู้ โต๊ะ เตียง ฝ้าเพดาน และประตู ด้วยวิธี Air settling method และ Cotton swab technique พบว่ามีปริมาณเชื้อรา $2.6x10^{2}$-$9.1x10^{4}$ โคโลนีต่อวัน (CFU/D) และ <10-<$1.2x10^{6}$ โคโลนีต่อ 100 ตารางเซนติเมตร (CFU/100 cm^{2}) (บุษกร อุตรภิชาติ และคณะ. 2555)

Siu-Kei Wong และคณะ ได้ศึกษาอาการกลุ่มอาคารป่วย (sick building syndrome) กับคุณภาพอากาศในอาคาร : ด้วยการสำรวจอพาร์ทเมนท์ในฮ่องกง โดยทำศึกษาอาการกลุ่มอาคารป่วย ซึ่งได้แก่อาการที่ตา, คอ, ศีรษะ, ผิวหนังและอาการล้า และทำการศึกษาคุณภาพอากาศในอาคารได้แก่ เสียงดัง, แสงสว่าง, การระบายอากาศ และภาพรวม ในผู้ที่พักอาศัยจำนวน 748 คน พบว่าผู้ที่พักอาศัยในอพาร์ทเมนท์มีอาการเกี่ยวกับจมูกมากที่สุด โดยมีอาการน้ำมูกไหลและจาม และอาการที่เกิดขึ้นมีความเกี่ยวกับการพักอาศัยในอพาร์ทเมนท์ สำหรับปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ผู้พักอาศัยส่วนใหญ่ตอบว่า ปัญหาเรื่องเสียงดัง เป็นปัญหามากที่สุด (Siu-Kei Wong et al. 2009)