บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลกลาง ซึ่งสามารถแบ่งห้องออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม และห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ นอกจากนั้นยังแบ่งตามลักษณะกิจกรรมออกเป็น 5 กิจกรรม ได้แก่ (1) กิจกรรมบริหารงานทั่วไป (2) แผนกผู้ป่วยนอก (3) แผนกผู้ป่วยใน (4) ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ (5) ห้องพักแพทย์ และ (6) ห้องพักพยาบาล โดยตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองและทำการเก็บตัวอย่างของจำนวนเชื้อราวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศ รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ และความหนาแน่นของคนภายในห้อง ซึ่งผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

ผลการศึกษาอุณหภูมิ พบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีอุณหภูมิสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ ห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม และห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก เนื่องจากห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ มีลักษณะเป็นห้องเปิด อุณหภูมิภายในห้องจึงขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอกห้องด้วย ส่วนห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศจะมีเครื่องปรับอากาศเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิภายในห้องให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้ห้อง ทำให้อุณหภูมิของห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศมีค่าต่ำกว่าห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ และมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานที่ ASHRAE กำหนด คือ 23-26 องศาเซลเซียส และเมื่อจำแนกตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรมนั้น พบว่า แผนกผู้ป่วยในที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีอุณหภูมิเฉลี่ยเกินเล็กน้อย ส่วนแผนกผู้ป่วยในและห้องพักพยาบาลซึ่งมีการระบายอากาศแบบธรรมชาตินั้นมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างสูง

ผลการศึกษาความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า ห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีความชื้นสัมพัทธ์สูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ และห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก และเมื่อพิจารณาตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม พบว่า แผนกผู้ป่วยนอก ผู้ป่วยใน ห้องพักแพทย์ และห้องพักพยาบาล มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์เกินมาตรฐาน เนื่องจากภายในห้องอาจมีแหล่งกำเนิดความชื้น เช่น ห้องน้ำ อ่างล้างมือ หรือระบบปรับอากาศขาดการดูแลรักษาที่ดี รวมถึงมาตรการในการประหยัดพลังงาน ทำให้ขาดประสิทธิภาพในการควบคุมความชื้น

ผลการศึกษาความเร็วลม พบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีความเร็วลมสูงที่สุด เนื่องจากเป็นห้องเปิด ทำให้ลมภายในห้องเป็นลมที่พัดพามาจากภายนอก รวมถึงการเปิดพัดลมติดเพดานและพัดลมตั้งโต๊ะ รองลงมา ได้แก่ ห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก โดยลมภายในห้องเกิดจากพัดลมเครื่องปรับอากาศและการเปิดพัดลมติดเพดานหรือพัดลมตั้งโต๊ะในบางช่วงเวลา และห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีค่าเฉลี่ยความเร็วลมต่ำสุด นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรมยังพบว่า ห้องพักพยาบาลซึ่งมีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยความเร็วลมสูงที่สุด

ผลการศึกษาอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ พบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมและแบบแยกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p = 0.000$ และ $p = 0.000$ ตามลำดับ) เนื่องจากห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีการระบายอากาศโดยการเปิดประตู-หน้าต่าง รวมถึงการเปิดพัดลมติดเพดานหรือพัดลมตั้งโต๊ะซึ่งจะช่วยเพิ่มอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศให้สูงขึ้น เมื่อพิจารณาตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม พบว่า ห้องพักพยาบาลซึ่งมีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงที่สุด

ผลการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดต่างๆ ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) พบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยของความเข้มข้น PM2.5 และ PM10 สูงกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p = 0.021$ และ $p = 0.019$ ตามลำดับ) เนื่องจากห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ เป็นห้องเปิด ลมจากภายนอกพัดพาฝุ่นละอองจากภายนอกเข้ามาภายในห้องได้ รวมทั้งกิจกรรมต่างๆ ภายในห้อง เช่น การเปิดพัดลม ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองที่ตกอยู่บนพื้นห้อง เป็นต้น ทำให้ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีความเข้มข้นฝุ่นละอองสูงกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศ ซึ่งมีลักษณะเป็นห้องปิด รวมทั้งห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศนั้น ภายในเครื่องปรับอากาศจะมีระบบกรองอากาศก่อนที่อากาศนั้นจะถูกปล่อยออกมาภายในห้อง จึงช่วยลดความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องได้ เมื่อแยกตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรมจะพบความเข้มข้น PM2.5 สูงสุดที่แผนกผู้ป่วยในของห้องทั้ง 3 แบบและ PM10 สูงสุดที่แผนกผู้ป่วยนอกของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก และแผนกผู้ป่วยในของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมและห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ โดยห้องที่มีระบบระบายอากาศชนิดเดียวกัน ความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในห้องแตกต่างกันตามลักษณะกิจกรรม แต่ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีความเข้มข้นฝุ่นละอองไม่แตกต่างกันทั้งแผนกผู้ป่วยในและห้องพักพยาบาล เนื่องจากลักษณะห้องเป็นห้องเปิดจึงได้รับอิทธิพลของ

ฝุ่นละอองภายนอกมากกว่า และเมื่อเปรียบเทียบตามฤดูกาล พบว่า ในช่วงฤดูแล้งมีความเข้มข้น PM2.5 และ PM10 สูงกว่าในช่วงฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p = 0.000$ และ $p = 0.000$ ตามลำดับ) เนื่องจากฝุ่นละอองในบรรยากาศช่วงฤดูแล้งมีปริมาณสูงกว่าช่วงฤดูฝน นอกจากนั้นการเปรียบเทียบสัดส่วน PM2.5/PM10 พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 0.31-0.61 เนื่องจากอาคารของโรงพยาบาลกลางเป็นอาคารปิด ทำให้ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนที่ส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดจากภายนอกสามารถแพร่กระจายเข้าสู่ภายในอาคารได้น้อย

การศึกษาจำนวนของเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศ พบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยเชื้อรารวมและ *Aspergillus sp.* สูงกว่าห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p = 0.000$ และ $p = 0.000$) เมื่อพิจารณาตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม พบว่า แผนกผู้ป่วยนอกและผู้ป่วยในซึ่งใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีจำนวนเชื้อรารวมในอากาศสูงกว่าห้องพักแพทย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p = 0.000$ และ $p = 0.045$ ตามลำดับ) แต่จำนวนเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในแต่ละกิจกรรมไม่แตกต่างกัน ส่วนห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม แผนกผู้ป่วยในที่มีระบบกรองอากาศพิเศษ (HEPA) มีจำนวนเชื้อรารวมและ *Aspergillus sp.* น้อยกว่าแผนกผู้ป่วยในที่ไม่มี HEPA และห้องพักแพทย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p = 0.000$ และ $p = 0.013$) ส่วนกิจกรรมที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ มีจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillusp sp.* ไม่แตกต่างกัน นอกจากนั้นยังได้เปรียบเทียบจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศตามฤดูกาล พบว่า ในช่วงฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยปริมาณเชื้อรารวมในอากาศสูงกว่าช่วงฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p = 0.000$) ส่วนเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศในช่วงฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p = 0.032$)

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ กับจำนวนเชื้อรารวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความหนาแน่นของคน ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ เหล่านี้กับจำนวนเชื้อรารวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศ เนื่องจากอาจมีปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ภายในห้อง เช่น การทำความสะอาดห้อง การทำความสะอาดหน้ากากและแผงกรองอากาศของเครื่องปรับอากาศ รวมถึงการใช้พัดลมระบายอากาศและเครื่องฟอกอากาศ เป็นต้น ทำให้ไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างปัจจัยต่างๆ กับจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp*

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

(1) จากการศึกษานี้ทำการศึกษาในสถานที่ทำงานจริง จึงส่งผลให้ค่าที่ได้จากการศึกษามีความแปรปรวนสูง เนื่องจากไม่สามารถควบคุมปัจจัยอื่นๆ ที่ผู้วิจัยไม่ได้สนใจศึกษาได้ ควรมีการศึกษาในสถานที่จำลองเพื่อให้ได้แนวโน้มและผลกระทบจากปัจจัยที่ต้องการศึกษาได้ชัดเจนขึ้น

(2) ควรมีการศึกษาประสิทธิภาพหรือความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการบำบัดคุณภาพอากาศ เช่น เครื่องฟอกอากาศแบบต่างๆ เครื่องปรับอากาศที่มีแผงกรองอากาศประสิทธิภาพสูง เป็นต้น

(3) ควรมีการจำแนกชนิดเชื้อราอื่นๆ นอกจาก *Aspergillus sp.* ในการทดลอง เพื่อหาชนิดและจำนวนเชื้อราที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนภายในอาคาร

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับโรงพยาบาล

จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า แผนกที่มีความเสี่ยงสูงที่สุด คือ แผนกผู้ป่วยใน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอน จำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* สูงสุด ทำให้ผู้ป่วยมีโอกาสได้รับสัมผัสมลพิษอากาศเหล่านี้มากขึ้น จึงมีข้อเสนอแนะแนวทางการแก้ไข ดังนี้

(1) สำหรับห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ ซึ่งเป็นห้องเปิด อาจมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศดีแต่อาจเพิ่มฝุ่นละอองภายในห้อง วิธีควบคุมฝุ่นละอองควรติดตั้งระบบปรับอากาศเพื่อลดผลกระทบของฝุ่นละอองจากภายนอกอาคาร ส่วนห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศ ควรมีช่องนำอากาศเข้าและระบายอากาศออก รวมทั้งใช้แผงกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง หรือติดตั้งเครื่องฟอกอากาศหรือหลอดยูวีเพื่อช่วยในการฆ่าเชื้อโรค

(2) ติดตั้งพัดลมระบายอากาศบริเวณห้องน้ำ เพื่อช่วยลดความชื้นและลดจำนวนเชื้อราภายในห้องลงได้

(3) ตรวจสอบระบบปรับอากาศว่ามีน้ำรั่วซึมบริเวณใดบ้างและทำการซ่อมแซม