รายงานการวิจัย
เรื่อง

การศึกษาอัตราการสะสมของเชื้อรา และประสิทธิภาพของน้ำยาฆ่าเชื้อในการกำจัดเชื้อราในอากาศภายในอาคาร

The Study of Accumulation Rate and Efficiency of Disinfectants to Elimination Fungi in an Indoor Air

นาย รุ่งเกียรติ ยิ่งเจริญรุ่งโรจน์
นางสาว พรธิดา เทพประสิทธิ์
นางสาว พรรณทิพา กิจภักดีกุล
นางสาว วรรณา แสนใจกล้า
นางสาว สาวิตรี ม่วงศรี

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

รายงานการวิจัย
เรื่อง

การศึกษาอัตราการสะสมของเชื้อรา และประสิทธิภาพของน้ำยาฆ่าเชื้อในการกำจัดเชื้อราในอากาศภายในอาคาร
The Study of Accumulation Rate and Efficiency of Disinfectants to Elimination Fungi in an Indoor Air

นาย รุ่งเกียรติ ยิ่งเจริญรุ่งโรจน์
(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)
นางสาว พรธิดา เทพประสิทธิ์
(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)
นางสาว พรรณทิพา กิจภักดีกุล
(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)
นางสาว วรรณา แสนใจกล้า
(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)
นางสาว สาวิตรี ม่วงศรี
(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัย ปีงบประมาณ 2560)

หัวข้อวิจัย การศึกษาอัตราการสะสมของเชื้อรา และประสิทธิภาพของน้ำยาฆ่าเชื้อในการกำจัดเชื้อราในอากาศภายในอาคาร

ผู้ดำเนินการวิจัย นาย รุ่งเกียรติ ยิ่งเจริญรุ่งโรจน์
นางสาว พรธิดา เทพประสิทธิ์
นางสาว พรรณทิพา กิจภักดีกุล
นางสาว วรรณา แสนใจกล้า
นางสาว สาวิตรี ม่วงศรี

หน่วยงาน ศูนย์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ปี พ.ศ. 2561

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาชนิด ปริมาณ และอัตราการสะสมของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ พื้นที่ศึกษา คือ ห้อง E-Learning center ของอาคารสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ระหว่างวันแรกที่ทำการทดลอง (Day 0) และวันที่ 2 ของการศึกษา (Day 2) โดยงดกิจกรรมการทำความสะอาดภายในห้อง พบว่า มีปริมาณเชื้อราในอากาศ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.73×10^2 และ 4.19×10^2 CFU/m^3 ตามลำดับ โดยยังอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ (5.00×10^2 CFU/m^3) และมีปริมาณเชื้อราในเครื่องปรับอากาศ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80×10^2 และ 4.87×10^2 CFU/m^3 ตามลำดับ คิดเป็นอัตราการสะสมของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ เท่ากับ 73.0 และ 53.5 CFU/day ทั้งนี้ พบความหลากหลายของชนิดเชื้อราในการศึกษา จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus aculeatus* (CBS 172.66^T), *Pestalotiopsis theae* (CMU ELA1) *และ Aspergillus flavus* (CBS 100927^T) ซึ่งเชื้อราที่พบมากที่สุด คือ *Aspergillus* spp. รองลงมาคือ *Pestalotiopsis* spp.

ทั้งนี้ ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านและประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ ของน้ำยาฆ่าเชื้อ จำนวน 4 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) เป็นเวลา 5 วัน โดยพิจารณาความเข้มข้นต่ำที่สุดที่แสดงประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ทั้งหมด เท่ากับร้อยละ 100.00 พบว่า กรดอะซิติก (Acetic acid) มีประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus aculeatus*, *Pestalotiopsis theae* และ *Aspergillus flavus* สูงที่สุด ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 3, 2 และ 2 (v/v) ตามลำดับ โดยมีฤทธิ์การต้านเชื้อราคิดเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 3.40, 4.84 และ 1.60 มิลลิเมตร ตามลำดับ รองลงมาคือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5, 3 และ 3 (v/v) ตามลำดับ มีฤทธิ์การต้านเชื้อราคิดเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 4.70, 13.31 และ 1.13 มิลลิเมตร ตามลำดับ และโพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5, 3 และ 5 (v/v) ตามลำดับ มีฤทธิ์การต้านเชื้อราคิดเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 5.57, 3.41 และ 2.09 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนผลการทดสอบน้ำยาฆ่าเชื้อชนิดไอโซโพรพานอล (ISO - Propanol) พบว่า ไม่มีฤทธิ์การต้าน

และประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ ทั้ง 3 ชนิด ทุกระดับความเข้มข้น

ส่วนผลการทดสอบฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อในการกำจัดเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ ของน้ำยาฆ่าเชื้อ จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ โพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine), ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) และกรดอะซิติก (Acetic acid) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 4, 5, 7.5 และ 10 (v/v) เป็นเวลา 5 วัน ต่อเชื้อรา 3 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus aculeatus*, *Pestalotiopsis theae และ Aspergillus flavus* พบว่า ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) และกรดอะซิติก (Acetic acid) มีคุณสมบัติดีเท่ากัน โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำยาฆ่าเชื้อที่เชื้อราทั้ง 3 ชนิดไม่สามารถเจริญได้ (Minimum Inhibitory Concentration, MIC) เท่ากับร้อยละ 2 (v/v) ทั้งหมด ส่วนโพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine) พบว่า ค่า MIC มีค่าเท่ากับร้อยละ 2, 2 และ 3 (v/v) ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่า MFC (Minimum fungicidal concentration) ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำยาฆ่าเชื้อในการกำจัดเชื้อรา พบว่า โพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine) มีคุณสมบัติในการกำจัดเชื้อราทั้ง 3 ชนิด ดีที่สุด โดยมีค่า MFC เท่ากับร้อยละ 2, 2 และ 3 (v/v) ตามลำดับ รองลงมาคือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) มีค่า MFC เท่ากับร้อยละ 2, 3 และ 3 (v/v) ตามลำดับ ส่วนกรดอะซิติก (Acetic acid) พบว่า มีคุณสมบัติต่ำที่สุดในการกำจัดเชื้อรา โดยมีค่า MFC เท่ากับร้อยละ 7.5, 2 และ 7.5 (v/v) ตามลำดับ

Research Title The Study of Accumulation Rate and Efficiency of Disinfectants to Elimination Fungi in an Indoor Air

Researcher Mr. Rungkiat Yingcharoenrungroj
Mrs. Bhorntida Thepprasit
Mrs. Pantipa Kitpakdeekul
Mrs. Wanna Saenjaikla
Mrs. Savitree Muangsri

Organization The Environmental Center, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University

Year 2018

This research aims to study the type, quantity and rate of accumulation of fungi in an indoor air and air conditioner. The study area is the E-Learning center room of academic resources and information technology, Suan Dusit university. On the first day of the trial (Day 0) and second day of the study (Day 2), which without cleaning activities in the room. The results showed that quantity of fungi in an indoor air were average at 2.73×10^2 and 4.19×10^2 CFU/m^3, respectively and all in acceptable standards (5.00×10^2 CFU/m^3). The quantities of fungi in air conditioners were average at 3.80×10^2 and 4.87×10^2 CFU/m^3, respectively. We found that the fungal accumulation rate in an indoor air and air conditioners were 73.0 and 53.5 CFU/day. As a result of diversity of fungi in an indoor air and air conditioning as well, 3 species were *Aspergillus aculeatus* (CBS 172.66^T), *Pestalotiopsis theae* (CMU ELA1) and *Aspergillus flavus* (CBS 100927^T), the most common ones were *Aspergillus* spp. and *Pestalotiopsis* spp. respectively.

Test of inhibitory activity and effective in inhibiting the growth of fungi in an indoor air and air conditioners with 4 types of disinfectants at concentrations of 1, 2, 3, 5, 7.5 and 10 (v/v) in 5 days and considering the low concentrations shown effective to inhibit the growth of mold entirely 100.00 percent and found that, Acetic acid has the highest inhibitory effect on growth of fungi 3 species were *Aspergillus aculeatus*, *Pestalotiopsis theae* and *Aspergillus flavus* at concentrations of 3, 2 and 2 percent (v/v), respectively and the inhibition zones were 3.40, 4.84 and 1.60 mm in diameter, respectively. The second was Hydrogen peroxide at concentrations of 5, 3 and 3 percent (v/v), respectively, the inhibition zones were 4.70, 13.31 and 1.13 mm in diameter, respectively and Povidone - Iodine at concentrations of 5, 3 and 5 percent (v/v),

respectively, the inhibition zones were 5.57, 3.41 and 2.09 mm in diameter, respectively. While found that, ISO - Propanol have not inhibitory activity and inhibited the growth of fungi 3 species

Test of the disinfectants to elimination fungi in an indoor air and air conditioners by 3 types of disinfectants were Povidone - Iodine, Hydrogen peroxide and Acetic acid at concentrations of 1, 2, 3, 4, 5, 7.5 and 10 percent (v/v) in 5 days for fungi 3 species were *Aspergillus aculeatus*, *Pestalotiopsis theae* and *Aspergillus flavus*. It found that Hydrogen Peroxide and Acetic Acid have the same properties. The minimum concentration of disinfectants for fungi 3 species was not able to growth (Minimum Inhibition Concentration, MIC) was 2 percent (v/v) and the MICs of Povidone - Iodine were 2, 2 and 3 percent (v/v), respectively. When considering the minimum fungicidal concentration (MFC), the lowest concentration of disinfectants for fungus removal, found that Povidone - Iodine has the ability to remove the fungi in the MFCs were 2, 2 and 3 percent (v/v), respectively and followed by Hydrogen peroxide had the MFCs were 2, 3 and 3 percent (v/v), respectively. Acetic acid was found to have the lowest to elimination fungi with the MFCs were 7.5, 2 and 7.5 percent (v/v), respectively.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเล่มนี้ สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากคณะผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากหลาย ๆ ฝ่าย โดยเฉพาะจากที่ปรึกษาโครงการวิจัย ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่า เพื่อให้คำปรึกษาแนะนำ ตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งตลอดมา ทั้งนี้คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ใน ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์สิ่งแวดล้อม และบุคลากรประจำศูนย์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่ให้การสนับสนุนเกี่ยวกับการเข้าร่วมลงสำรวจพื้นที่ ตลอดจนการเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณผู้อำนวยการสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ และเจ้าหน้าที่ประจำสำนักวิทยบริการฯ ที่อำนวยความสะดวกในการลงพื้นที่ศึกษา และการให้ข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ในงานวิจัยครั้งนี้

คณะผู้วิจัย

2561

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	2
สมมติฐานการวิจัย	3
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
คุณภาพอากาศภายในอาคาร	5
กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพอากาศในอาคาร	12
เชื้อรา (Fungi)	13
น้ำยาฆ่าเชื้อและยาปราศจากเชื้อ (Antiseptic and Disinfectant)	20
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	27
การศึกษาชนิด ปริมาณ และอัตราการสะสมของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ	27
การทดสอบฤทธิ์การต้านและประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ	29
การทดสอบฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อในการกำจัดเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ	31
เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	32

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย 34

ผลการศึกษาชนิด ปริมาณ และอัตราการสะสมของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ 34

ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านและประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา ในอากาศและเครื่องปรับอากาศ 39

การทดสอบฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อในการกำจัดเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ 47

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 49

สรุปผลการวิจัย 49

อภิปรายผล 51

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ 52

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป 52

บรรณานุกรม 53

บรรณานุกรมภาษาไทย 53

บรรณานุกรมภาษาอังกฤษ 53

ภาคผนวก 56

ภาคผนวก ก Guide lines for good indoor air quality in office premises: Recommended maximum concentrations for specific classes of contaminants (Total fungal counts), Singapore (1996) 57

ประวัติผู้วิจัย 64

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ชนิดและปริมาณของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศภายในห้อง E-Learning center ของอาคารสำนักวิทยบริการฯ (Day 0)	35
4.2	ชนิดและปริมาณของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศภายในห้อง E-Learning center ของอาคารสำนักวิทยบริการฯ (Day 2)	36
4.3	ผลการสกัดดีเอ็นเอด้วยวิธี DNA sequencing ของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศภายในห้อง E-Learning center อาคารสำนักวิทยบริการ	37
4.4	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของฤทธิ์การต้านเชื้อรา *Aspergillus aculeatus*, *Pestalotiopsis theae และ Aspergillus flavus* ของน้ำยาฆ่าเชื้อ 4 ชนิด	41
4.5	ประสิทธิภาพของน้ำยาฆ่าเชื้อ 4 ชนิด ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus aculeatus*, *Pestalotiopsis theae และ Aspergillus flavus* เป็นเวลา 5 วัน	43
4.6	ค่า Minimum inhibitory concentration (MIC) และ Minimum fungicidal concentration (MFC) ของน้ำยาฆ่าเชื้อ 4 ชนิด ที่มีผลต่อเชื้อรา *Aspergillus aculeatus*, *Pestalotiopsis theae และ Aspergillus flavus*	47
5.1	สรุปผลการทดสอบระดับความเข้มข้นต่ำที่สุดที่แสดงประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศได้ทั้งหมด (ร้อยละ 100.00) ของน้ำยาฆ่าเชื้อ 4 ชนิด	51

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวความคิดการวิจัย	3
3.1	การเก็บตัวอย่างเชื้อราในอากาศภายในอาคารสำนักวิทยบริการฯ	29
3.2	การเก็บตัวอย่างเชื้อราในเครื่องปรับอากาศด้วยวิธีสวอป (Swab)	29
3.3	ตัวอย่างการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศของน้ำยาฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ	30
3.4	ตัวอย่างการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ	31
4.1	เชื้อรา *Aspergillus aculeatus*	38
4.2	เชื้อรา *Pestalotiopsis theae*	38
4.3	เชื้อรา *Aspergillus flavus*	39
4.4	ตัวอย่างผลการทดสอบฤทธิ์การต้านของเชื้อรา *Aspergillus aculeatus* ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 4 ชนิด 1) Povidone - Iodine) 2) Hydrogen peroxide 3) Acetic acid และ 4) ISO - Propanol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	40
4.5	ผลทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus aculeatus* ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 4 ชนิด 1) Povidone - Iodine) 2) Hydrogen peroxide 3) Acetic acid และ 4) ISO - Propanol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	44
4.6	ผลทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pestalotiopsis theae* ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 4 ชนิด 1) Povidone - Iodine) 2) Hydrogen peroxide 3) Acetic acid และ 4) ISO - Propanol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	45
4.7	ผลทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus flavus* ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 4 ชนิด 1) Povidone - Iodine) 2) Hydrogen peroxide 3) Acetic acid และ 4) ISO - Propanol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	46
4.8	ตัวอย่างผลการทดสอบค่า Minimum inhibitory concentration (MIC) และ Minimum fungicidal concentration (MFC)	48

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัญหามลพิษอากาศภายในอาคารนั้น มักเกิดจากการใช้ผลิตภัณฑ์และสารเคมีในกลุ่มของสารระเหยต่าง ๆ นอกจากนี้ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความชื้นสะสม ได้แก่ การใช้เครื่องปรับอากาศ และการละเลยเรื่องการระบายอากาศ ทำให้เกิดการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดโรคได้ โดยคนปกติใช้เวลาร้อยละ 89 ในอาคาร ร้อยละ 6 ในยานพาหนะ และอีกร้อยละ 5 นอกอาคาร ดังนั้นจึงมีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสมลสารในอาคารมากกว่าบรรยากาศภายนอก (Dubey et al, 2011) โดยภาวะการเกิดโรคภูมิแพ้จากมลพิษอากาศซึ่งประเมินโดย Center for Disease Control (CDC) พบว่า มีสาเหตุมาจากละอองชีวภาพถึงร้อยละ 34 ซึ่งรวมถึงเชื้อราด้วย เชื้อราเป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มยูคาริโอต (Eukaryote) มีทั้งชนิดที่เป็นเซลล์เดี่ยว เช่น ยีสต์ และหลายเซลล์เรียงเป็นเส้นใย (Hypha) หรือกลุ่มของเส้นใย (Mycelium) โดยสาเหตุการเจ็บป่วยจากการหายใจเอาเชื้อราเข้าไป สืบเนื่องมาจากสปอร์และสายรามีความสามารถในการก่อโรคภูมิแพ้ และราบางชนิดสามารถสร้างสารพิษหรือทอกซิน (Toxin) ได้หลากหลายชนิด ซึ่งเรียกรวม ๆ กันว่า สารพิษจากเชื้อรา หรือ Mycotoxins ตัวอย่างสารพิษจากเชื้อรา เช่น Aflatoxins ซึ่งมีผลต่อระบบทางเดินหายใจเป็นหลัก ทำลายเยื่อเมือกในทางเดินหายใจ ระคายเคืองตา จมูก และคอ หากสปอร์ผ่านลงไปในถุงลมปอดอาจก่อให้เกิดปอดอักเสบได้ เป็นต้น (Pertrescu et al, 2011)

มาตรการและการควบคุมในด้านสุขลักษณะเกี่ยวกับการลดการปนเปื้อนเชื้อราภายในอาคารมีหลายวิธี ซึ่งที่นิยมคือ การใช้น้ำยาฆ่าเชื้อ (Disinfectants) โดยน้ำยาฆ่าเชื้อในปัจจุบัน พบว่ามีหลายประเภท ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อรา คุณสมบัติทางเคมี และชนิดของเชื้อราที่จะกำจัด ซึ่งหากนำมาใช้อย่างไม่ถูกต้องหรือใช้ไม่ถูกประเภทกับชนิดของสิ่งปนเปื้อน จะไม่สามารถกำจัดหรือทำลายเชื้อรานั้น ๆ ได้ อีกทั้งยังอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่สุขภาพของมนุษย์เองอีกด้วย

จากที่กล่าวมาข้างต้นนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาอัตราการสะสมของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ และประสิทธิภาพของน้ำยาฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ในการกำจัดเชื้อราในอากาศภายในอาคาร โดยได้คัดเลือกพื้นที่ในสภาวะการทำงานปกติ จำนวน 1 พื้นที่ ของสำนักวิทยบริการและสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ให้บริการด้านสารสนเทศต่าง ๆ ได้แก่ หนังสือ สื่อวีดีทัศน์ การสัมมนา การฝึกอบรมปฏิบัติการต่าง ๆ และอื่น ๆ ให้กับนักศึกษา บุคลากร และบุคคลภายนอก ซึ่งเป็นอาคารที่เป็นระบบปรับอากาศ และมีผู้เข้าใช้บริการหรืออยู่ร่วมกันจำนวนมากในแต่ละวัน จึงเป็นแหล่งที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการได้รับเชื้อราเช่นเดียวกัน โดยผลจากการวิจัยสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดแนวทางในการหาวิธีลด หรือกำจัดเชื้อราต่อไปได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาชนิด ปริมาณ และอัตราการสะสมของเชื้อราในอากาศ และเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร
2. เพื่อศึกษาชนิด ความเข้มข้นที่เหมาะสม ในการกำจัดเชื้อราภายในอาคาร ของน้ำยาฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อราภายในอาคาร ของน้ำยาฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ ที่เหมาะสม

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ซึ่งทำการศึกษาอัตราการสะสมของเชื้อรา และประสิทธิภาพของน้ำยาฆ่าเชื้อในการกำจัดเชื้อราในอากาศภายในอาคาร ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยต่าง ๆ ดังนี้

1. ด้านพื้นที่

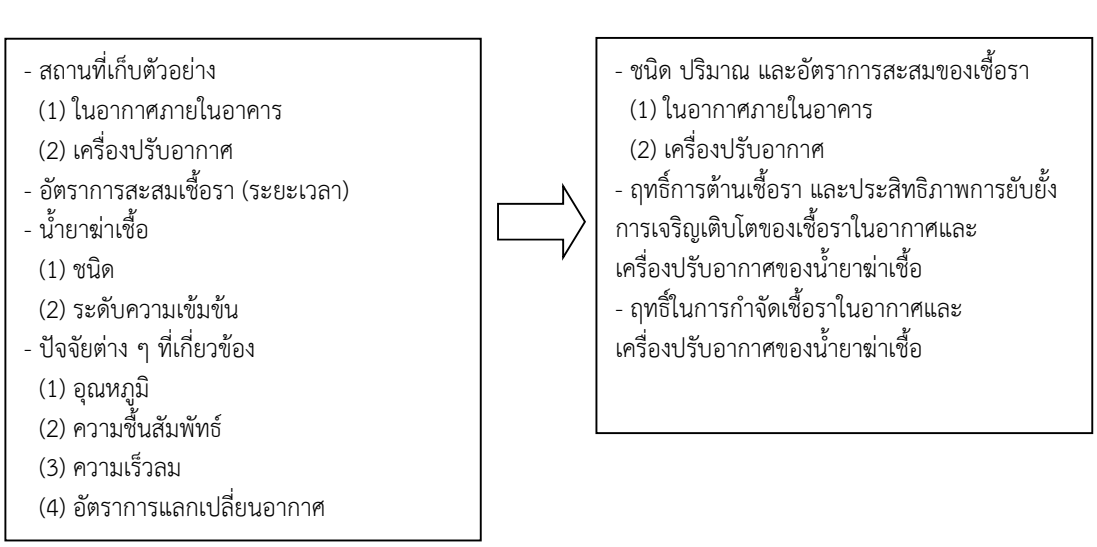
พื้นที่ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกพื้นที่ศึกษา คือ ห้อง E-Learning center ของอาคารสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ให้บริการด้านสารสนเทศ และเทคโนโลยีสารสนเทศต่าง ๆ เช่น หนังสือ สื่อวีดีทัศน์ ห้องสัมมนา ห้องฝึกอบรมปฏิบัติการต่าง ๆ และอื่น ๆ ให้กับนักศึกษา บุคลากร และบุคคลภายนอก

2. ด้านเนื้อหาการวิจัย

เนื้อหาของการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการศึกษาถึงชนิด ปริมาณ และอัตราการสะสมของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร ตลอดจนปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ เป็นต้น และศึกษาทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อราและประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศของน้ำยาฆ่าเชื้อ รวมทั้งทดสอบฤทธิ์ในการกำจัดเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศของน้ำยาฆ่าเชื้อ

สมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานการวิจัยในครั้งนี้ ดังแสดงในกรอบแนวความคิดการวิจัย (ภาพที่ 1.1)



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวความคิดการวิจัย

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

1. เชื้อรา (Fungi) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่มีความหลากหลายจัดอยู่ในอาณาจักรรา (Kingdom of fungi) โดยเชื้อราในอากาศจะมีแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในอากาศในรูปของสปอร์

2. น้ำยาฆ่าเชื้อ (Disinfectant) หมายถึง สารเคมีที่ใช้ทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และใช้กับสิ่งไม่มีชีวิต เช่น เครื่องมือและสถานที่ สารเคมีเหล่านี้จะทำให้เกิดอันตรายต่อผิวหนังและเนื้อเยื่อเมื่อเข้าสู่ร่างกายโดยตรง

3. Indoor air หมายถึง อากาศภายในอาคาร

4. เครื่องปรับอากาศ (Air conditioner) หมายถึง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ปรับอุณหภูมิของอากาศภายในอาคาร มีทั้งแบบตั้งพื้น ติดผนัง และแขวนเพดาน ทำงานด้วยหลักการถ่ายเทความร้อน กล่าวคือ เมื่อความร้อนถ่ายเทออกไปข้างนอก อากาศภายในห้องจะมีอุณหภูมิลดลง เป็นต้น ขนาดของเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยเป็น บีทียูต่อชั่วโมง (BTU/hr) (บีทียูเป็นหน่วยของความร้อน คือ ค่าความสามารถในการลดพลังงานความร้อนของเครื่องปรับอากาศ) โดย 1 บีทียู จะทำให้น้ำบริสุทธิ์ที่หนัก 1 ปอนด์ (ประมาณ 453.6 มิลลิลิตร) เย็นลง 1 องศาฟาเรนไฮต์ (5/9 องศาเซลเซียส)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบข้อมูลอัตราการสะสมของเชื้อราทั้งในอากาศและเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร
2. ทราบข้อมูลประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อราภายในอาคารของน้ำยาฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ ในสัดส่วนที่เหมาะสม
3. เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษา วิจัย และสามารถพัฒนาต่อยอดแนวทางการกำจัดเชื้อราภายในอาคารของน้ำยาฆ่าเชื้อที่เหมาะสมได้

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง การศึกษาอัตราการสะสมของเชื้อราและประสิทธิภาพของน้ำยาฆ่าเชื้อในการกำจัดเชื้อราในอากาศภายในอาคารนี้ ผู้วิจัยได้ค้นคว้าแนวคิดและทฤษฎีจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษา ประมวลผล ซึ่งแสดงดังหัวข้อต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. คุณภาพอากาศภายในอาคาร
2. กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพอากาศในอาคาร
3. เชื้อรา (Fungi)
4. น้ำยาฆ่าเชื้อและยาปราศจากเชื้อ (Antiseptic and Disinfectant)
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คุณภาพอากาศภายในอาคาร

1. ความหมายของคุณภาพอากาศภายในอาคาร

ภาวะมลพิษทางอากาศ หมายถึง สภาวะการที่บรรยากาศกลางแจ้งมีสิ่งเจือปน เช่น ฝุ่นละออง ไอควัน ก๊าซต่าง ๆ ละอองไอ กลิ่น ควัน ไอ เป็นต้น อยู่ในลักษณะ ปริมาณ และระยะเวลาที่มากพอที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ หรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ หรือทำลายทรัพย์สินของมนุษย์ หรือสิ่งแวดล้อมบริเวณรอบ ๆ

ภาวะมลพิษทางอากาศภายในอาคาร หมายถึง สภาวะการที่อากาศภายในอาคารมีสิ่งเจือปนอยู่ในปริมาณ และระยะเวลาที่นานพอที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ต่อทรัพย์สินของมนุษย์ หรือต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณรอบ ๆ สารปนเปื้อนภายในอาคาร เช่น

- อนุภาคแขวนลอยในอากาศ (Aerosol and tobacco smoke)
- สารระเหยอินทรีย์ (Volatile Organic Compounds, VOCs) จากไม้อัด พรม เฟอร์นิเจอร์ สารเคลือบเงาไม้ น้ำยาทำความสะอาดพื้น กาวที่ใช้ในการยึดกระเบื้อง และสารระเหยจากยาฆ่าแมลง
- ก๊าซอนินทรีย์ (Inorganic Gaseous) ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NOx) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซโอโซน
- สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่แขวนลอยในอากาศ (Bioaerosals) ได้แก่ เชื้อไวรัส เชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา ริกเกตเซีย โปรโตซัว ไรฝุ่น
- เรดอน (Radon)

คุณภาพอากาศภายในอาคาร หมายถึง สภาวะการของอากาศภายในอาคารที่อาจไม่มีสิ่งเจือปน หรือมีสิ่งเจือปนอยู่ในปริมาณที่อาจจะทำหรือไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ต่อทรัพย์สินของมนุษย์ หรือต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณรอบ ๆ อาคารนั้น หากปริมาณสิ่งปนเปื้อนต่ำกว่าระดับที่จะก่อให้เกิดปัญหาดังกล่าว ก็จะถือว่าคุณภาพอากาศภายใน

อาคารอยู่ในระดับดี เหมาะสำหรับการอยู่อาศัย แต่ถ้าปริมาณสิ่งปนเปื้อนเท่ากับหรือสูงกว่าระดับที่จะก่อให้เกิดปัญหา ก็จะถือว่าคุณภาพอากาศภายในอาคารนั้นไม่ดี ไม่เหมาะสำหรับการอยู่อาศัย

สิ่งเจือปนหรือสิ่งปนเปื้อนในอากาศโดยทั่วไป ประกอบด้วย ฝุ่น เส้นใย ก๊าซ และไอของสารเคมี และสารทางชีวภาพ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส และเชื้อรา เป็นต้น สิ่งปนเปื้อนหรือมลพิษต่าง ๆ เหล่านี้อาจส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร สิ่งปนเปื้อนหรือมลพิษทางอากาศภายในอาคารมาจากทั้งจากภายนอกอาคารและภายในอาคารเอง มลพิษทางอากาศจากภายนอกอาคารและจากพื้นดิน ได้แก่ เรดอน สารกำจัดแมลงและวัชพืช ก๊าซและไอสารเคมีที่รั่วไหลจากภาชนะกักเก็บ มลพิษจากการจราจร เป็นต้น สิ่งปนเปื้อนจากภายในอาคารอาจมีสาเหตุจากแหล่งกำเนิดหลายประเภทภายในอาคาร เช่น เฟอร์นิเจอร์ สารทำความสะอาด รวมทั้งลักษณะกิจกรรมหรือลักษณะส่วนบุคคลของผู้อาศัยหรือผู้ใช้อาคาร นอกจากนี้ สิ่งแวดล้อมภายในอาคารยังมีปฏิสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ระบบการก่อสร้าง ได้แก่ การออกแบบแรกเริ่ม และการปรับปรุงในภายหลังเกี่ยวกับโครงสร้างและระบบเครื่องจักร รวมทั้งเทคนิคในการก่อสร้างและวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลให้เกิดปัญหาคุณภาพอากาศทั้งสิ้น

2. ความสำคัญของคุณภาพอากาศภายในอาคาร

ปัจจุบันหลายประเทศทั่วโลก ได้ให้ความสนใจเรื่องคุณภาพอากาศภายในอาคารเป็นอย่างมาก ทั้งนี้ เนื่องจากคนส่วนใหญ่ในเมืองใช้เวลาอยู่ในอาคารเกือบร้อยละ 90 ของเวลาในแต่ละวัน ไม่ว่าจะเป็นบ้าน โรงเรียน สถานที่ทำงาน โรงพยาบาล ห้างสรรพสินค้า และในอาคารอื่น ๆ ซึ่งองค์การอนามัยโลก (WHO) คาดว่าร้อยละ 30 ของอาคารทั่วโลก อาจมีปัญหาด้านคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor air quality) ซึ่งจะนำไปสู่ปัญหาการเกิดกลุ่มอาการของโรคจากการทำงานในอาคารปิดได้

องค์กร ASHERAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers) ได้กำหนดอัตราการระบายอากาศต่ำสุด เพื่อการอนุรักษ์พลังงานไว้ที่ 5 ลูกบาศก์ฟุต/นาที/คน ซึ่งแต่เดิมเคยกำหนดไว้ที่ 15 ลูกบาศก์ฟุต/นาที/คน ด้วยวัตถุประสงค์ในเบื้องต้นเพื่อเจือจางและลดกลิ่นจากตัวคน ในกรณีของการนำอากาศจากภายนอกอาคารเข้ามาด้วยอัตรา 5 ลูกบาศก์ฟุต/นาที/คนนั้น พบว่า ไม่เพียงพอต่อการคงไว้ซึ่งสุขภาพ และความสบายของผู้อยู่อาศัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากระบบปรับอากาศและระบายอากาศ (Heating, Ventilating and Air Conditioning: HVAC) ไม่สามารถกระจายอากาศไปสู่ทุกคนได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยแล้ว สิ่งเหล่านี้จะเป็นปัจจัยสำคัญของปัญหากลุ่มอาการของโรคที่เกิดจากการทำงานในอาคารปิดได้ และในท้ายที่สุด ASHRAE จึงได้ปรับค่ามาตรฐานใหม่ (ASHRAE Standard, 1989) โดยคำนึงถึงคุณภาพอากาศภายในอาคาร ให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ควบคู่ไปกับการลดใช้พลังงานด้วย กล่าวคือ ให้มีอากาศเข้าภายในอาคาร 15 ลูกบาศก์ฟุต/นาที/คน สำหรับพื้นที่ในสำนักงานให้เป็น 20 ลูกบาศก์ฟุต/นาที/คน โดยไม่คำนึงว่าจะมีการสูบบุหรี่ในบริเวณนั้น ๆ หรือไม่ และได้กำหนดให้สูงถึง 60 ลูกบาศก์ฟุต/นาที/คน ในบางพื้นที่โดยพิจารณาถึงกิจกรรมตามปกติในพื้นที่นั้น ๆ เช่น ห้องสูบบุหรี่ เป็นต้น

นอกจากองค์กร ASHRAE แล้ว ในปัจจุบันมีหน่วยงานต่าง ๆ ในต่างประเทศ เช่น องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (US EPA) รวมทั้งหน่วยงานระหว่างประเทศ เช่น องค์การอนามัยโลก

(WHO) ได้กำหนดค่ามาตรฐานด้านคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor air quality) เพื่อใช้เป็นค่าแนะนำในการควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคาร

สำหรับในประเทศสหรัฐอเมริกานั้น สถาบันอาชีวอนามัยและความปลอดภัยแห่งชาติ (National Institute of Occupational Safety and Health, NIOSH) ได้ทำการศึกษาข้อร้องเรียนอันเนื่องมาจากคุณภาพอากาศในอาคาร ในช่วงทศวรรษที่ 1970 และสามารถแยกสาเหตุของการเกิดปัญหา ได้ดังนี้

- ร้อยละ 52 เกิดจากการระบายอากาศในอาคารที่ไม่เพียงพอ เช่น การออกแบบที่ไม่ถูกต้อง การกระจายอากาศในอาคารไม่ดีพอ อุณหภูมิและความชื้นไม่เหมาะสม มีแหล่งมลพิษภายในระบบระบายอากาศ
- ร้อยละ 16 เกิดจากการมีสารปนเปื้อนอยู่ในอาคาร เช่น ไอระเหยของน้ำยาทำความสะอาด จำพวกสารตัวทำละลาย หรือน้ำยาฆ่าเชื้อโรค เชื้อรา
- ร้อยละ 10 เกิดจากมลพิษภายนอกอาคาร เช่น มลพิษการจราจร ควัน ฝุ่น ละอองเกสร
- ร้อยละ 5 เกิดจากการปนเปื้อนด้านชีวภาพ
- ร้อยละ 4 เกิดจากการปนเปื้อนของวัสดุตกแต่งอาคาร
- ร้อยละ 13 ไม่ทราบสาเหตุ

นอกจากนี้ องค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกาและหน่วยงานอื่น ๆ ได้ดำเนินการสำรวจ และพบว่าสิ่งแวดล้อมภายในอาคารมีมลพิษมากกว่าภายนอกอาคารสูงเป็นอัตรา 2 - 10 เท่า และได้มีการจัดอันดับปัญหามลพิษในอาคาร เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ

ในประเทศไทย ได้มีการดำเนินงานทางด้านคุณภาพอากาศภายในอาคาร ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 โดยมีการสำรวจความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในอาคาร เพื่อให้ทราบถึงการกระจายตัวและระดับความเสี่ยงจากอันตรายของก๊าซชนิดนี้ จากข้อมูลที่มีการรายงาน พบว่า จนถึงปัจจุบันได้มีการสำรวจไปแล้ว 20 จังหวัด ผลปรากฏว่า พบก๊าซเรดอนในทุกอาคารที่ทำการสำรวจในทุกจังหวัด และจังหวัดที่มีแนวโน้มว่ามีก๊าซเรดอนสูงอยู่ในภาคเหนือ อย่างไรก็ตาม มีความจำเป็นต้องทำการสำรวจให้ได้พื้นที่มากกว่านี้ จึงจะสามารถสรุปผลการสำรวจได้แน่นอน

3. ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร

ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร คือ สภาวะที่มีการสะสมของสารปนเปื้อนที่มีค่าความเข้มข้นระดับหนึ่งในอากาศเป็นระยะเวลานานพอที่สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัย สารปนเปื้อนที่พบในอาคารอาจถูกจัดเป็นสารที่ก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารได้ทั้งสิ้น หากมีความเข้มข้นสูงในระดับที่อาจรบกวนความรู้สึก หรือก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้คนที่อยู่อาศัยในอาคาร ซึ่งสารเหล่านี้มีมากมายหลายชนิด และคงสภาพอยู่ในอากาศได้ 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ

- ของแข็ง ในรูปของอนุภาค (Particulates) แขวนลอยอยู่ในอากาศ เช่น ฝุ่นและควัน
- ของเหลว ในรูปของอนุภาคของของเหลวที่แขวนลอยในอากาศ คือ ละออง

- ก๊าซ ในรูปแบบของไอระเหยและก๊าซ โดยมีแหล่งมาจากวัสดุก่อสร้างสมัยใหม่ และกิจกรรมสมัยใหม่ เช่น สารเคมีที่ใช้ทำความสะอาด คอมพิวเตอร์ เครื่องถ่ายเอกสาร หมึกของเครื่องถ่ายเอกสาร น้ำยาลบคำผิด พรม และเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ ฯลฯ

สำหรับสารปนเปื้อนที่เป็นอนุภาคทั้งของแข็งและของเหลวที่มีขนาดเล็ก สามารถแขวนลอยอยู่ในอากาศได้เป็นเวลานาน ๆ นั้น รวมเรียกว่า “Aerosol” หรืออนุภาคแขวนลอย

มลพิษที่ปนเปื้อนอากาศอยู่ภายในอาคาร ประกอบด้วย 3 กลุ่มใหญ่ คือ ส่วนที่เป็นอนุภาคของฝุ่นละออง (Particulates) จุลชีวะขนาดเล็ก (Bioaerosols) และกลุ่มของสารเป็นพิษในอาคาร (VOCs) โดยฝุ่นละออง คือ อนุภาคของแข็งขนาดเล็กที่ล่องลอยอยู่ในอากาศ มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน เช่น ฝุ่นดิน ผม ขนสัตว์ ผ้าพรม จุลชีวะทางอากาศ คือ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กต่าง ๆ เช่น ไรฝุ่น เชื้อโรคชนิดต่าง ๆ เชื้อรา ซึ่งมีขนาดระหว่าง 10 - 30 ไมครอน แบคทีเรียมีขนาดระหว่าง 0.4 - 5 ไมครอน ส่วนไวรัสมีขนาดระหว่าง 0.003 - 0.06 ไมครอน ซึ่งโดยทั่วไปมักเกาะตัวอยู่กับอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าในอากาศ

การออกแบบอาคารตลอดจนระบบต่าง ๆ ภายในอาคารในราวต้นศตวรรษที่ 70 ได้เน้นความสุขสบายของผู้อยู่อาศัยโดยไม่คำนึงถึงเรื่องการประหยัดพลังงานมากนัก เนื่องจากน้ำมันและพลังงานไฟฟ้ายังมีราคาถูก ลักษณะอาคารที่ทำให้ผู้อาศัยรู้สึกสบายดังกล่าว มีดังนี้ (Theodore, 2011)

ก. โครงสร้างอาคารไม่สูงแน่นหนานัก มีช่องหรือรอยรั่วรอบอาคารค่อนข้างมาก ทำให้อากาศภายนอกเข้าสู่อาคารได้ง่าย

ข. การส่องสว่างมีความสม่ำเสมอและเพียงพอแก่ความต้องการทั่วทุกส่วนของอาคาร

ค. ควบคุมอุณหภูมิของระบบปรับอากาศให้อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ทำให้ผู้อาศัยรู้สึกสบาย มีการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าสู่ตัวอาคารค่อนข้างมาก

ผู้อาศัยภายในอาคารเหล่านี้ส่วนใหญ่จะรู้สึกสบายและไม่พบอาการเจ็บป่วยเนื่องจากสภาพอากาศภายในอาคารแต่ประการใด

ภายหลังเกิดวิกฤตการณ์น้ำมันครั้งแรก หลักการออกแบบตัวอาคารและระบบต่าง ๆ ภายในได้เปลี่ยนแปลงไป โดยเน้นความสำคัญของการประหยัดพลังงานเป็นหลัก ส่วนความสุขได้ลดลงมาอยู่ในระดับผู้อาศัยส่วนใหญ่ยอมรับได้ จึงก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพของอากาศภายในอาคาร ดังนี้

ก. ตัวอาคารก่อสร้างแน่นหนามากขึ้น เพื่อลดการรั่วของอากาศจากภายนอกเข้าสู่ตัวอาคาร

ข. ใช้ฉนวนกันความร้อน เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกอาคาร แต่ฉนวนเหล่านี้ทำให้เกิดสิ่งระคายเคือง และมีไอสาร Formaldehyde ระเหยออกมาปนกับอากาศภายในอาคาร

ค. ลดความเข้มของการส่องสว่างในบริเวณทั่วไปภายในอาคารลง

ง. ใช้ระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management System) เพื่อควบคุมความต้องการ หรือปริมาณการใช้พลังงานของอาคาร โดยเฉพาะในระบบปรับอากาศซึ่งใช้พลังงานมากที่สุด

ในตัวอาคาร เช่น โปรแกรมเปิดปิดที่เหมาะสม (Program optimum start/stop) และโปรแกรมควบคุมรอบการทำงาน (Program duty cycling control) เป็นต้น

จ. ควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารให้สูงขึ้นในฤดูร้อน และต่ำลงในฤดูหนาว เพื่อประหยัดพลังงาน

ฉ. นำอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้าสู่อาคารน้อยลง

ช. ลดปริมาณการหมุนเวียนของอากาศภายในอาคาร เพื่อประหยัดพลังงานที่ใช้กับมอเตอร์พัดลม เช่น ระบบปรับอากาศแบบใช้การแปรเปลี่ยนปริมาตรอากาศ (Variable air volume) เป็นต้น ทำให้ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ที่นำเข้าสู่อาคารในขณะใช้ปริมาตรอากาศเพียงบางส่วน (Part load) ลดน้อยลง

ผลจากการออกแบบและการใช้อาคารในลักษณะเช่นนี้ ทำให้มีสิ่งสกปรกสะสมปนกับอากาศภายในอาคารเป็นจำนวนมาก จนบางครั้งอากาศภายในอาคารบางแห่งสกปรกมากกว่าอากาศภายนอกอาคารเสียอีก โดยเฉพาะการสะสมของสารเคมีต่าง ๆ ซึ่งทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้อาศัย ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานลดต่ำลง การขาดงานมีมากขึ้น ดังนั้น ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการใช้พลังงานที่ลดน้อยลงอาจทำให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวข้างต้น

อันตรายต่อสุขภาพของผู้อาศัยและผู้ใช้อาคาร เมื่อคุณภาพอากาศไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด โดยทั่วไปเกิดจากสาเหตุต่อไปนี้ (New York City Department of Health and Mental Hygiene, 2009)

(1) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซนี้ทำให้เม็ดโลหิตแดงไม่สามารถรับออกซิเจนไปเลี้ยงเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกายได้ ทำให้เกิดอาการปวดหรือวิงเวียนศีรษะ อาเจียน อ่อนเพลีย หมดแรง ความรู้สึกสับสน ถ้าได้รับในปริมาณมากจะทำให้หมดสติ และเสียชีวิตได้

(2) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่มากกว่า 282 mg/m^3 (150 ppm) สามารถทำให้มนุษย์เสียชีวิตได้ ความเข้มข้นในช่วง 94 - 282 mg/m^3 (50 - 150 ppm) สามารถทำให้เกิดโรคปอดเรื้อรัง การตอบสนองของร่างกายในช่วงแรกจะเกิดขึ้นที่อวัยวะที่สัมผัสก๊าซนี้ ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อบริเวณที่สัมผัส เช่น ผิวหนัง เยื่อบุนัยน์ตา จมูก และคอ ทำให้เกิดอาการเจ็บหน้าอก ไอ หายใจขัด ทำให้ภูมิต้านทานโรคทางเดินหายใจลดลง เกิดการเจ็บป่วยได้ง่าย เช่น โรคหลอดลมอักเสบ หอบหืด โรคถุงลมโป่งพอง เป็นต้น

(3) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เป็นก๊าซที่ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อทางเดินหายใจ มีผลต่อร่างกายคล้าย ๆ กับก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

(4) อนุภาคขนาดเล็กที่หายใจเข้าไปได้ (Respirable particle) อนุภาคขนาดเล็กที่หายใจเข้าไปแล้วติดค้างอยู่ที่ปอด จะทำอันตรายต่อเยื้อหุ้มปอด และทำให้เกิดโรคมะเร็งปอดได้ ก๊าซหุงต้มที่ใช้ภายในอาคาร ตลอดจนควันบุหรี่ สามารถทำให้เกิดอนุภาคขนาดเล็กดังกล่าวได้

(5) เชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตในคอยล์ทำความเย็น และ/หรือ ในหอผึ่งน้ำ (Cooling tower) มักเป็นแหล่งเพาะเชื้อจุลินทรีย์ รา โดยเฉพาะเชื้อ Legionnaires' disease และ Pontiac fever เชื้อเหล่านี้จะถูกระบบปรับอากาศแพร่กระจายไปตามส่วนต่าง ๆ ของอาคาร จนทำให้เกิดการเจ็บป่วยแก่คนเป็นจำนวนมากได้ง่าย

(6) สภาวะการปรับอากาศภายในอาคารไม่เหมาะสม อุณหภูมิอากาศที่สูงเกินไปทำให้เส้นเลือดในร่างกายขยายตัว เพื่อระบายความร้อนออกทางเหงื่อ ทำให้รู้สึกและอึดอัด แต่หากอุณหภูมิเย็นจัดจนเกินไป ก็จะทำให้เส้นเลือดหดตัว เพื่อลดการคายความร้อนออกจากร่างกายทำให้หนาวสั่น

ความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเกินไปทำให้เหงื่อระเหยยาก รู้สึกร้อนและอึดอัด ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์น้อยเกินไป ก็ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังและจมูก จนบางครั้งทำให้เกิดความเข้าใจผิดว่า อาการเช่นนี้เกิดจากการมีสารเคมีบางอย่างอยู่ภายในอาคาร

ความเร็วลมที่สูงเกินไปทำให้รู้สึกหนาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากลมนั้นมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างต่ำ เพราะความร้อนจากร่างกายจะถูกพาออกไปได้มากและเร็วเกินไป ในทางตรงข้าม หากความเร็วลมต่ำเกินไปก็ทำให้เกิดความรู้สึกร้อนอบอ้าวและอึดอัด เพราะความร้อนจากร่างการไม่อาจถูกพาออกไปได้เร็วเท่าที่ควร

อุณหภูมิจากการแผ่รังสีความร้อน (Radiant temperature) เกิดจากการที่มีวัสดุที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศภายในห้อง เช่น ฝ้าเพดานที่เย็นจัดเนื่องจากใช้เป็นทางลมกลับของเครื่องปรับอากาศ หรือกระจกด้านที่ถูกแดดส่อง เป็นต้น ทำให้ร่างกายมนุษย์เกิดการแผ่รังสีความร้อนไปสู่วัสดุที่เย็น หรือรับรังสีความร้อนจากวัสดุที่ร้อน จนทำให้เกิดความรู้สึกหนาวหรือร้อนกว่าปกติ แม้อุณหภูมิของอากาศภายในอาคารจะอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมก็ตาม

(7) น้ำที่รั่วซึมเข้ามาตามรอยร้าวของอาคารหรือไอน้ำที่กลั่นตัวภายในอาคาร ทำให้เกิดเชื้อราและจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการเจ็บป่วยและการแพ้ได้เช่นกัน

(8) ก๊าซเรดอน (Radon) ที่เข้าสู่อาคารผ่านทางพื้นชั้นล่างหรือฐานราก การสลายตัวของก๊าซเรดอนจะเกิดสารชนิดใหม่ ซึ่งสามารถรวมตัวกับฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศได้ เมื่อหายใจเอาอนุภาคเหล่านี้เข้าไปจะไปตกค้างอยู่ที่ปอดทำให้เกิดมะเร็งปอดได้

(9) การนำอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้าสู่อาคารไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการสะสมของกลิ่นเชื้อโรค และสิ่งระคายเคืองต่าง ๆ ในอากาศที่หมุนเวียนภายในอาคาร

(10) กลิ่นจากระบบสุขาภิบาลไหลย้อนเข้าสู่อาคาร มักเกิดจากการที่รูระบายอากาศ (Vent) หรือปล่องระบายอากาศ (Exhaust outlet) ของระบบสุขาภิบาล อยู่ใกล้กับช่องระบายอากาศบริสุทธิ์มากเกินไป หรือเกิดจากการเปลี่ยนทิศทางลมภายนอกอาคารในบางฤดูกาล ทำให้กลิ่นนั้นไหลย้อนเข้าสู่อาคาร

(11) วัสดุที่ใช้ก่อสร้างหรือตกแต่งอาคาร วัสดุที่ใช้ก่อสร้างหรือตกแต่งอาคารที่มีส่วนประกอบของสารเคมีบางอย่างจะปล่อยสารเคมีออกมา สารเคมีที่อันตรายที่มีการปล่อยออกมาได้แก่ ฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งมีกลิ่นฉุน ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นต่ำจะไม่เป็นอันตรายต่อคน หากเข้าสู่ร่างกายจะถูกขจัดออกจากโลหิตอย่างรวดเร็ว แต่ในความเข้มข้นที่สูงกว่า 15 ppm จะทำให้เกิดความระคายเคืองต่อตา ทำให้มีอาการหอบหืดและโรคทางเดินหายใจได้

แผ่นอะลูมิเนียม (Aluminum foil) ที่ฉีกขาดจนเส้นใยภายในหลุดลุ่ยออกมาแล้ว จะทำให้เกิดการระคายเคืองแก่ตา จมูก คอ และผิวหนังได้

ตัวทำละลายและแอมโมเนียจากแชมพูที่ใช้ทำความสะอาดพรม อาจทำให้เกิดการระคายเคืองต่อตา จมูก และคอได้เช่นเดียวกัน อาคารที่มีการทำความสะอาดในเวลาเย็นหรือวันหยุดขณะที่

ปิดระบบระบายอากาศ หรือไม่มีหน้าต่างที่สามารถเปิดออกสู่ภายนอกได้ จะมีสารเหล่านี้ปะปนกับอากาศภายในอาคารในปริมาณความเข้มข้นที่สูง และทำความระคายเคืองแก่พนักงาน เมื่อเข้ามาทำงานในวันถัดไปได้

(12) การเคลื่อนที่ของอากาศภายในตัวอาคารที่ลดลง การเคลื่อนที่ของอากาศภายในตัวอาคารอาจลดลงได้โดยเกิดจากความดันอากาศในแต่ละส่วนของอาคารไม่เท่ากัน ทำให้กลิ่นและสิ่งสกปรกในบางพื้นที่ที่มีความดันสูงเคลื่อนไปสู่ส่วนของอาคารส่วนที่มีความดันต่ำและก่อให้เกิดผลกระทบตามชนิดของสารมลพิษที่เคลื่อนไปยังพื้นที่นั้น ๆ

(13) สารพิษจากยาฆ่าแมลง ผู้ใช้ยาฆ่าแมลงส่วนใหญ่มักเข้าใจผิดว่ายาฆ่าแมลงเหล่านี้มีความปลอดภัย เพราะมีจำหน่ายตามร้านค้าทั่วไป จึงนิยมใช้มากเกินความจำเป็น ทำให้เกิดสารตกค้างในบรรยากาศ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการระคายเคืองและเป็นมะเร็งได้ หากได้รับสารพวกนี้เป็นเวลานานอาจจะทำให้เกิดอันตรายต่อระบบประสาทส่วนกลางได้

(14) สิ่งสกปรกจากอุปกรณ์และเครื่องใช้สำนักงาน สิ่งสกปรกหรือสารปนเปื้อนที่พบมาก เช่น โอโซน (O_3) ซึ่งเกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดที่มีความต่างศักย์สูง (High voltage) ต่าง ๆ เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องฟอกอากาศที่ใช้ไฟฟ้า (Electronic air cleaner) เป็นต้น ซึ่งในการทำงานจะเกิดการแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้าทำให้ได้ยินเสียงจากการอาร์คเป็นครั้งคราว ซึ่งก่อให้เกิดความรำคาญ และอาจได้กลิ่นคาวของก๊าซชนิดนี้ด้วย โอโซนทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อบุจมูก ตา คอ และปอด รวมทั้งยังทำให้เกิดการกัดกร่อนได้ด้วย นอกจากนี้ยังมีก๊าซไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) ซึ่งเกิดจากเครื่องถ่ายเอกสาร และกระดาษอัดสำเนา และอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ได้เช่นกัน

(15) การปนเปื้อนของสิ่งสกปรกจากการนำความร้อนมาใช้ใหม่ ในอาคารที่มีการนำความร้อนมาใช้ใหม่ (Heat recovery) เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน มักมีการรั่วของอากาศสกปรกผ่านวงล้อของอุปกรณ์ที่ใช้ในการนำความร้อนมาใช้ใหม่ (Heat recovery wheel) ไปสู่อากาศบริสุทธิ์ที่นำเข้า หรืออาจจะมีสิ่งสกปรกถูกชะผ่านเนื้อวัสดุที่ใช้ดูดซับความร้อน ทำให้สิ่งสกปรกบางส่วนย้อนกลับเข้าสู่อาคารได้อีก

(16) ควันบุหรี่ ควันบุหรี่จะทำให้เกิดทั้งกลิ่นไอระเหยและอนุภาคเล็ก ๆ ที่ทำให้เกิดการระคายเคืองออกมาเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ปนออกมาด้วย อนุภาคขนาดเล็กสามารถขจัดออกได้โดยใช้แผ่นกรองเนื้อละเอียดที่มีประสิทธิภาพสูง ส่วนกลิ่นนั้นค่อนข้างจะคงอยู่ถาวรแต่ก็สามารถทำให้เจือจางได้ โดยการนำอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้ามาระบายในปริมาณ 15 - 30 ลูกบาศก์ฟุต/นาที/คน หรือโดยการใช้เครื่องกรองชนิดถ่านกัมมันต์ (Activated charcoal filter) ตามปกติประสาทขั้นรู้กลิ่นของมนุษย์สามารถปรับตัวได้ค่อนข้างเร็วมาก เช่น เมื่อเข้าไปในห้องที่มีการสูบบุหรี่ เราจะได้กลิ่นทันที แต่หลังจากนั้นอีกประมาณ 6 นาที เราจะเริ่มชินกับกลิ่นนั้น และรู้สึกว่าความแรงของกลิ่นลดลง 2 - 3 เท่า

(17) กลิ่นอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นในอาคาร ได้แก่ กลิ่นจากตัวคน เครื่องสำอาง น้ำยาทำความสะอาดหรือวัสดุที่ใช้ตกแต่งตัวอาคาร เป็นต้น การลดความเข้มข้นของกลิ่นเหล่านี้ ใช้วิธีการนำอากาศภายนอกที่บริสุทธิ์เข้ามาเจือจาง โดยที่ความรุนแรงของกลิ่นมักขึ้นอยู่กับจำนวนคนที่อยู่ภายในอาคารและอัตราการระบายอากาศ ดังนั้น จึงกำหนดอัตราการระบายอากาศเป็นลูกบาศก์ฟุต/นาที/คน จาก

การค้นคว้าพบว่าหากต้องการควบคุมกลิ่นจากตัวคนเพียงคนเดียว ต้องใช้อากาศบริสุทธิ์หมุนเวียนประมาณ 6 - 9 ลูกบาศก์ฟุต/นาที

(18) ปัจจัยอื่น ๆ ที่มีได้เกี่ยวข้องกับเรื่องคุณภาพของอากาศภายในอาคารโดยตรง ปัจจัยเหล่านี้ไม่ได้เกี่ยวข้องกับเรื่องคุณภาพของอากาศภายในอาคารโดยตรง แต่อาจมีผลต่อความรู้สึกสบายในการอยู่อาศัยในอาคาร ได้แก่ ปัญหาเรื่องแสง ความดังของเสียง ตลอดจนความคับแคบของที่ทำงาน ดังนี้

ปัญหาเรื่องแสง ซึ่งมักเกิดจากการใช้ไฟส่องสว่างภายในอาคารที่ไม่เหมาะสมในด้านปริมาณและ/หรือด้านคุณภาพ ทำให้เกิดแสงจ้า (Glare) การสะท้อนของแสง (Reflection) การกระพริบของแสง (Flicker) หรือ ความเข้มของแสงที่แตกต่างกัน (Contrast) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเกิดแสงจ้าและการสะท้อนของแสงที่มักเกิดจากกระจกหน้าต่างและดวงโคม ทำให้เกิดความรำคาญต่อผู้ที่ต้องใช้สายตามาก เช่น การอ่านเขียนหนังสือ การพิมพ์ดีด หรือการทำงานหน้าจอคอมพิวเตอร์

ปัญหาเรื่องเสียง ซึ่งมักเกิดในอาคารที่มีเสียงภูมิหลัง (Background Noise) สูงเกินกว่า 50 เดซิเบล (เอ) ทำให้รบกวนการสนทนา การจับใจความทำได้ลำบาก ต้องสนทนากันด้วยเสียงที่ดังขึ้น ทำให้สมาธิในการทำงานลดลง หรือทำให้เกิดความรู้สึกว่าที่ทำงานไม่มีความเป็นส่วนตัวเท่าที่ควรจะพูดอะไรก็เกรงคนอื่นได้ยิน

ส่วนเรื่องที่ทำงานคับแคบ เพราะมีคนมากเกินไปนั้น ก็ทำให้รู้สึกอึดอัด และหงุดหงิดได้

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพอากาศในอาคาร

สำหรับประเทศไทย ยังไม่มีหน่วยงานใดกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารโดยตรง แต่ก็มีกฎหมายบางฉบับที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

1. ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) ลงวันที่ 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2520

2. พระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2541

3. กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549

4. กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 หมวด 2 ระบบระบายอากาศ ระบบไฟฟ้า และระบบป้องกันเพลิงไหม้ ได้กำหนดอัตราการระบายอากาศในอาคารสูง หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษไว้ ได้แก่ โรงพยาบาล ห้องพักในโรงแรม หรืออาคารชุด สำนักงาน ฯลฯ

5. ประกาศกระทรวงสาธารณสุขที่ 6/2538 เรื่อง กำหนดจำนวนคนต่อจำนวนพื้นที่ของอาคารที่พักอาศัยที่ถือว่ามีคนอยู่มากเกินไป ภายใต้พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ได้กำหนดพื้นที่ในอาคารให้มีไม่น้อยกว่า 3 ตารางเมตร/คน และได้กำหนดเช่นเดียวกันนี้สำหรับพื้นที่ของคนงานก่อสร้างและของอาคารโรงงานด้วย ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 7/2538 และ 8/2538 ตามลำดับ

เชื้อรา (Fungi)

1. การจำแนกเชื้อราและการตรวจวินิจฉัยเชื้อรา

เชื้อราเป็นจุลินทรีย์ที่มีลักษณะของเซลล์แบบ Eucaryotic cell ไม่มีคลอโรฟิลล์ มีทั้งที่เป็นเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์ พวกที่เป็นหลายเซลล์นั้น แต่ละเซลล์จะมาเรียงต่อกันเป็นเส้นใย (Hypha) ที่อาจแตกแขนง หรือไม่แตกแขนง มีการสืบพันธุ์ทั้งแบบมีเพศและไม่มีเพศ

สำหรับวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับเชื้อราเรียกว่า Mycology มาจากรากศัพท์เดิมเป็นภาษากรีก คือ mykes = mushroom และ logos = discourse

นักพฤกษศาสตร์ได้จัดเชื้อราเป็นพืช เพราะเชื้อรามีผนังเซลล์และมีการนำอาหารเข้าสู่เซลล์ในรูปของสารละลาย เชื้อราไม่มีราก ลำต้น และใบที่แท้จริง ไม่มีระบบท่อน้ำท่ออาหาร จึงจัดเป็นพืชชั้นต่ำ เราเรียกลักษณะดังกล่าวนี้ว่า ทัลลัส (Thallus) (กิจจา จิตรภิรมย์ และคณะ, 2555)

2. สัณฐานวิทยา

เชื้อรามีทั้งชนิดที่เป็นเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์ ซึ่งเซลล์จะเรียงตัวกันอยู่ในแนวเดียวกัน มีลักษณะเป็นเส้นใยพวกเซลล์เดียวได้แก่ ยีสต์ ส่วนพวกเป็นเส้นใยได้แก่ รา (Mold) ต่าง ๆ สำหรับขนาดของเชื้อรามีตั้งแต่ 5 - 50 ไมครอนจนถึงมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

เชื้อราโดยทั่วไปมีทัลลัส ประกอบด้วยเส้นใยเล็ก ๆ ที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าเส้นใยแต่ละเส้นเรียก Hypha ซึ่ง Hypha ถ้าร่วมกันอยู่มาก ๆ เรียก Mycelium

เซลล์ของราและยีสต์ มีลักษณะทั่วไปเหมือนพืช โดยแต่ละเซลล์มีผนังเป็นสารพวกเซลลูโลส หรือ Chitin กับเซลลูโลส และยังมีสารอื่น ๆ แตกต่างกันไปในแต่ละชนิด เช่น *penicllium chrysogenum* จะมี 6 - deoxyhoxose rhamnose และ xylose อยู่ด้วย ส่วน *polystictus sanguineus* จะมีเฉพาะ xylose เท่านั้น สำหรับที่มีประจุเป็นลบ นอกจากนี้ ยังพบ galactosamine ใน Neurospora Sitophila *Aspergillus niger* และ Botrytis cinerea อีกด้วย

ส่วนโปรตีนและไขมันที่ผนังเซลล์นั้นมีพบน้อยมาก ในยีสต์พวก Candida albicans พบโปรตีนรวมกับ polysaccharide ที่เรียกว่า polysaccharide - protein complex ส่วนใน *Saccharomyces* จะพบโปรตีนรวมกับ mannan เป็น mannan - protein complex สำหรับ *Allomycces macrrogynus* พบไขมันเล็กน้อย แต่ที่ผนังเซลล์ของก้านชูสปอร์ (Sporangiophore) ของรา *Phycomyces* มีไขมันมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้อาจพบลิกนินที่ผนังเซลล์อีกด้วย ทำให้ผนังเซลล์ทนต่อการถูกทำลายด้วยกรดได้ดี (Eduard, 2009)

ภายในเซลล์ของรา มีนิวเคลียสหนึ่งอันหรือมากกว่า ตามปกติการดูเซลล์ของราด้วยกล้องจุลทรรศน์จะไม่เห็นนิวเคลียส เนื่องจากมีขนาดเล็กและโปร่งแสง ต้องใช้วิธีย้อมสีจึงจะเห็นชัดเจนขึ้น ราบางชนิดจะมีโครงสร้างที่แตกต่างไป เช่น *Rhizopus* และ *Absidia* จะมี rhizoid หรือ hold fast และ *Aspergillus* spp. มี foot cell ยึดเกาะกับวัตถุต่าง ๆ

เส้นใยของรามี 2 ชนิด คือ

(1) เส้นใยไม่มีผนังกั้น (Non septate hypha) ทำให้เป็นท่อทะลุต่อถึงกันโดยตลอด มีไซโตปลาสซึม และนิวเคลียสอยู่ต่อเนื่องกัน เรียกสภาพว่า Coenocytic hypha ราชนิดนี้เมื่อมีอายุมากหรือในสภาพที่ไม่เหมาะสมอาจสร้างผนังกั้นขึ้นได้

(2) เส้นใยมีผนังกั้น (Septate hypha) ซึ่งแต่ละตอนของเส้นใยมีผนังกั้นไว้ ทำให้ดูลักษณะเป็นห้อง ๆ แต่ละห้องมีนิวเคลียสและไซโตปลาสซึม

ลักษณะของเส้นใยดังกล่าวนี้ เป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ในการจำแนกราเป็นหมวดหมู่นั่นเอง

3. การเจริญของเชื้อรา

เชื้อราที่เป็นเส้นใยจะมีการเจริญออกไปได้สองทิศทางคือ ทางขวางจะเจริญไปจนเต็มที่แล้วจึงหยุด ส่วนการเจริญทางด้านยาวนั้น เส้นใยของราจะงอกยาวออกไปและแตกแขนงอย่างไม่จำกัด ตราบเท่าที่สภาพแวดล้อมยังเหมาะสม สายใยเหล่านี้เรียกว่า Mycelium ทำให้รามีขนาดใหญ่จนมองเห็นด้วยตาเปล่า mycelium มี 2 ชนิดคือ Vegetatave mycelium เป็นส่วนที่ยึดเกาะกับอาหาร เพื่อทำหน้าที่นำอาหารไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของทัลลัส อีกชนิดหนึ่งได้แก่ Aerial mycelium เป็นส่วนที่ยื่นไปในอากาศ ทำหน้าที่สร้างสปอร์ จึงเรียก Mycelium แบบนี้ว่า Reproductive mycelium (Fröhlich-Nowoisky, 2009)

ในบางระยะของการเจริญ อาจพบ Mycelium มาเรียงอัดตัวประสานกันเป็นลักษณะคล้ายเนื้อเยื่อ มี 2 ชนิด คือ

(1) Prosenchyma ประกอบด้วย Mycelium อัดตัวกันอย่างหลวม ๆ และขนานกันตามความยาว

(2) Pseudoparenchyma ประกอบด้วย Mycelium เรียงอัดตัวกันอย่างหนาแน่น มีลักษณะคล้ายเนื้อเยื่อ Parenchyma ในพืชชั้นสูง

ในราชั้นสูงบางชนิด จะสร้างเส้นใยเรียงอัดตัวหนาแน่นมาก จนเส้นใยแต่ละเส้นกลมกลืนเป็นเนื้อเยื่อเดียวกันทำให้ผนังเส้นใยมีความแข็งแรง ทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี เรียกว่า Rhizomorph

4. การดำรงชีวิตของเชื้อรา

เนื่องจากเชื้อราไม่มีคลอโรฟิลล์ จึงไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ ดังนั้นการดำรงชีวิตส่วนมากจึงต้องอาศัยอาหารสำเร็จรูปที่มีอยู่ในธรรมชาติ ได้แก่ อินทรีย์สารจากสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว โดยเชื้อราจะปล่อยเอนไซม์มาย่อยสลาย จึงเกิดการเน่าเปื่อยผุพังเป็นสารอินทรีย์ขนาดเล็ก สามารถซึมผ่านเข้าสู่เซลล์ได้ โดยทั่วไปแล้วการดำรงชีวิตของเชื้อรามีหลายแบบ (Lee et al, 2010) ดังนี้

(1) Saprophyte เป็นเชื้อราที่ได้อินทรีย์สารจากสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว เช่น ซากพืชหรือซากสัตว์ต่าง ๆ เป็นอาหารเชื้อราเหล่านี้ไม่สามารถเจริญบนสิ่งที่มีชีวิตได้จึงจัดว่าเป็นพวก obligate saprophyte

(2) Parasite เป็นเชื้อราที่ได้อินทรีย์สารจากสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ซึ่งเชื้อราพวกนี้บางชนิดเจริญเฉพาะในสิ่งที่มีชีวิตเท่านั้น เรียกว่า พาราไซต์ที่แท้จริง (Obligate parasite) แต่บางชนิดสามารถเจริญบนสิ่งที่มีชีวิต และเมื่อสิ่งมีชีวิตนั้นตาย ก็เจริญบนซากสิ่งที่มีชีวิตนั้นอีก เรียกเชื้อราพวกนี้ว่า Facultative parasite

(3) Mutualism เป็นการอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน เช่น ไลเคนส์เป็นการอยู่ร่วมกันระหว่างเชื้อรากับสาหร่าย เชื้อราต้องการอาหารสำเร็จรูปเพื่อการดำรงชีวิต แต่บางกรณีพบว่าในที่ที่มีคาร์โบไฮเดรตบางชนิด (เช่น กลูโคส และมอลโตส) และไนโตรเจนจาก

สารอินทรีย์ต่าง ๆ รวมทั้งเกลือแร่ที่จำเป็นบางชนิด เชื้อราจะสามารถสังเคราะห์โปรตีนขึ้นเองได้ จากการศึกษาพบว่ามีแร่ธาตุบางอย่างที่มีความสำคัญต่อการเจริญของเชื้อรา ได้แก่ ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม กำมะถันโบรอน แมงกานีส ทองแดง โมลิบดินัม เหล็ก สังกะสีและแคลเซียม ส่วนแหล่งคาร์บอนที่ดีที่สุด ได้แก่ กลูโคส แหล่งไนโตรเจนที่ดีที่สุดคือสารประกอบอินทรีย์ของไนโตรเจนรองลงมา ได้แก่ สารประกอบพวกแอมโมเนียและไนเตรท เมื่อเชื้อราได้รับอาหารเข้าสู่เซลล์ ส่วนหนึ่งจะนำไปใช้ ส่วนที่เหลือจะเก็บสะสมไว้ในรูปของน้ำมันและ Glycogen

5. การทนต่อสภาพแวดล้อม

เนื่องจากเชื้อรามีแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในอากาศในรูปของสปอร์ สปอร์ทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ความร้อน ความเย็น รังสีอัลตราไวโอเลต และ Osmotic pressure สูง ๆ ได้ดี สปอร์ของเชื้อราทนต่อสภาพแวดล้อมได้น้อยกว่าสปอร์แบคทีเรีย แต่ทนได้ดีกว่าเส้นใย เช่น สปอร์ของ *Puccinia coronata* ยังมีชีวิตอยู่ได้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส แต่ถ้าลดอุณหภูมิต่ำลงเป็น -18 องศาเซลเซียส จะถูกทำลาย ส่วน *Aspergillus flavus* ที่เก็บไว้ในอุณหภูมิต่ำถึง -70 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาไว้ในสภาพที่เหมาะสมสามารถเจริญต่อไปได้ สำหรับเส้นใยของเชื้อราจะถูกทำลายหมดที่อุณหภูมิ 60 - 63 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

โดยทั่วไปเชื้อราเจริญได้ช้ากว่าแบคทีเรีย ดังนั้น ในการเจริญตามธรรมชาติจึงพบน้อยมาก เชื้อราต้องเจริญในสภาวะที่แบคทีเรียไม่สามารถเจริญได้ เช่น ในที่มีอาหารพวกแป้ง อาหารที่มีความเข้มข้นของเกลือหรือน้ำตาลสูง ๆ อาหารที่เป็นกรด เช่น น้ำผลไม้และอาหารแห้งต่าง ๆ นอกจากนี้ ยังพบว่าเชื้อราไม่สามารถเจริญในที่ขาดก๊าซออกซิเจนได้ เพราะฉะนั้นจึงไม่พบเชื้อราในอาหารกระป๋อง แต่เชื้อราบางชนิด เช่น *Penicillium roqueforti* เจริญได้ในที่มีออกซิเจนน้อย ๆ ได้

ในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมโดยเฉพาะด้านความชื้น สปอร์ของเชื้อราจะงอกและเจริญเป็นเส้นใยอย่างรวดเร็วในผลิตภัณฑ์บางชนิดที่ดูดความชื้นได้ดี เช่น หนังฟอก (Leather) เสื้อผ้า และอาหารตากแห้งต่าง ๆ จึงเน่าเสียได้ง่ายด้วยเชื้อรา

6. การสืบพันธุ์

เชื้อรามีการสืบพันธุ์ทั้งแบบมีเพศและไม่มีเพศ โดยที่บางชนิดใช้ส่วนของทัลลัสทั้งหมดเปลี่ยนเป็นโครงสร้างทำหน้าที่สืบพันธุ์ เรียกพวกนี้ว่า Holocarpic ซึ่งพบน้อยมาก แต่บางชนิดทัลลัสบางส่วนจะเปลี่ยนเป็นโครงสร้างทำหน้าที่สืบพันธุ์เรียกพวกนี้ว่า Eucarpic ซึ่งจะพบในเชื้อราทั่วไป

(1) การสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศ

การสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศ นับว่าเป็นการทวีจำนวนที่สำคัญของเชื้อรา เนื่องจากเกิดได้อย่างรวดเร็วและครั้งละเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีหลายวิธีดังนี้

(1.1) Fragmentation เกิดจากเส้นใยที่แตกหักเป็นส่วน ๆ สามารถเจริญเป็นเส้นใยใหม่ได้ ส่วนที่หักของเส้นใยนี้เรียกว่า Oidia ใน Oidia ที่มีอายุมาก ๆ จะมีลักษณะเป็นรูปไข่หรือค่อนข้างกลม มีผนังหนา ทำหน้าที่คล้ายสปอร์ที่เรียกว่า Arthospore การหักหรือหลุดเป็นท่อน ๆ ของเส้นใยนี้อาจเกิดจากแรงกระทำภายนอกหรือเกิดโดยบังเอิญก็ได้ การสืบพันธุ์วิธีนี้นำมาประยุกต์ใช้ในทางจุลชีววิทยา ในการถ่ายเชื้อราในห้องปฏิบัติการนั้น โดยทั่ว ๆ ไปเป็นการย้ายส่วนที่หักของเส้นใยไปเพาะเลี้ยงใหม่นั่นเอง

(1.2) Fission เป็นการแบ่งเซลล์ออกเป็นสองส่วน ซึ่งแต่ละเซลล์จะคอดเว้าตรงกลางแล้วหลุดจากกัน พบในพวกยีสต์บางชนิดเท่านั้น

(1.3) การแตกหน่อ เกิดจากเซลล์แม่ยื่นพองออกเป็นหน่อเล็ก ๆ จากนั้นนิวเคลียสจะแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งเคลื่อนไปเป็นนิวเคลียสของหน่อ เมื่อหน่อเจริญเต็มที่รอยต่อระหว่างเซลล์แม่และหน่อจะคอดจนขาดออกจากกัน หน่อที่ได้จะเจริญเป็นเซลล์ใหม่ต่อไป พบมากในยีสต์

(1.4) การสร้างสปอร์ การสร้างสปอร์ของเชื้อราถือว่าเป็นการสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศที่พบมากที่สุด สปอร์มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปดังนี้

- Clamydospore เกิดจากเซลล์ในเส้นใย (อาจเป็นเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์ก็ได้) สร้างผนังหนาขึ้นภายในมีอาหารอยู่มากมายและเซลล์จะสูญเสียน้ำทำให้มีเมตาบอลิซึมต่ำ จึงสามารถพักตัวอยู่ได้เป็นเวลานาน ผนังที่หนานี้ช่วยให้เซลล์ทนต่อความแห้งแล้งและแสงอาทิตย์ได้ดี
- Conidiospore หรือ Conidia โดยจะพบมากในพวก Asmycetes และ Fungi Imperfecti หลายชนิด Conidia เป็นสปอร์ที่ไม่มีสิ่งห่อหุ้ม เกิดที่ปลายของเส้นใยซึ่งทำหน้าที่ชูสปอร์ (Conidiospore) ซึ่งที่ปลายของเส้นใยนี้จะมีเซลล์ที่เรียกว่า Sterigma ทำหน้าที่สร้าง Conidia
- Sporangiospore เป็นสปอร์ที่พบในพวก Phycomycetes ที่อยู่บนบก (โดยเฉพาะพวก Zygomycetes) เกิดจากปลายเส้นใยพองออกคล้ายกระเปาะ แล้วต่อมาจะมีผนังกั้นเกิดขึ้น ภายในส่วนกระเปาะนี้มีผนังหนา เจริญเป็นอับสปอร์ (Sporangium) นิวเคลียสภายในอับสปอร์จะมีการแบ่งตัวหลาย ๆ ครั้ง โดยมีส่วนของโปรโตปลาสซึมและผนังมาห่อหุ้ม กลายเป็นสปอร์ที่เรียกว่า Sporangiospore จำนวนมากมาย เมื่ออับสปอร์แตกทำให้สปอร์เหล่านี้จะแพร่กระจายและจะเจริญเป็นเส้นใยใหม่เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม
- Blastospore เป็นเส้นใยที่มีการแตกหน่อเหมือนกับเซลล์ของยีสต์ หน่อนี้เรียกว่า Blastospore การแตกหน่อนี้จะเกิดอย่างรวดเร็วในสภาพที่มีออกซิเจนและอุณหภูมิเหมาะสม

สปอร์ที่สร้างเพื่อการสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศดังกล่าวแล้วนี้ สามารถแบ่งได้ 2 ชนิดคือ

ก. สปอร์ที่มีสิ่งห่อหุ้ม เป็นสปอร์ที่เกิดภายในอับสปอร์ สปอร์บางชนิดมีแฟลกเจลลา จึงเคลื่อนที่ได้ เรียกว่า Zoospore มักพบในเชื้อราที่อาศัยอยู่ในน้ำ ส่วนสปอร์ไม่เคลื่อนที่เรียกว่า Aplanospore เมื่ออับสปอร์แตก สปอร์แต่ละอันสามารถเจริญเป็นเส้นใยใหม่ต่อไป

ข. สปอร์ที่ไม่มีสิ่งห่อหุ้ม เกิดที่ปลายของก้านชูสปอร์ สปอร์มีขนาดเล็กมีรูปร่างแตกต่างกัน เช่น ทรงกลม รูปรี รูปไข่ รูปท่อน ฯลฯ และมีหลายสี เช่น ดำ น้ำตาล แดง ส้ม เหลือง ฯลฯ บางชนิดไม่มีสี การเรียงตัวของสปอร์มีหลายแบบซึ่งอาจเป็นสปอร์เดี่ยว ๆ หรือหลายสปอร์มาเรียงติดกันเป็นลูกโซ่ โดยมีเยื่อเมือกยึดไว้ สปอร์เหล่านี้เมื่อหลุดออกไปจะเจริญเป็นเส้นใยใหม่ได้

(2) การสืบพันธุ์แบบมีเพศ

การสืบพันธุ์แบบมีเพศของเชื้อราเหมือนกับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ โดยมีการรวมของนิวเคลียสเข้าด้วยกัน ซึ่งกรรมวิธีในการรวมของนิวเคลียสมี 3 ระยะ ดังนี้

(2.1) Plasmogamy เป็นระยะที่ใช้ไซโตรปลาสซึมของทั้งสองฝ่ายมารวมกัน เป็นเหตุให้นิวเคลียสทั้งสองอันมาอยู่ในเซลล์เดียวกัน และนิวเคลียสนี้มีโครโมโซมเป็น N หรือ Haploid

(2.2) Karyogamy เป็นระยะที่นิวเคลียสทั้งสองมารวมกันในเชื้อราชั้นต่ำ การรวมของนิวเคลียสจะเกิดอย่างรวดเร็วในทันทีที่มีนิวเคลียสทั้งสองอยู่ในเซลล์เดียวกัน ส่วนในเชื้อราชั้นสูง การรวมของนิวเคลียสจะเกิดได้ช้ามาก จึงมองเห็นในเซลล์มีสองนิวเคลียสเรียกระยะนี้ว่า Dikaryon

(2.3) Meiosis หรือ Haploidization เป็นระยะที่นิวเคลียสซึ่งมีโครโมโซมเป็น 2n จะแบ่งตัวแบบ Meiosis เพื่อลดจำนวนโครโมโซมเป็น n

การสืบพันธุ์แบบมีเพศนี้ เชื้อราแต่ละชนิดจะมีโครงสร้างที่เรียกว่า Gametangium สำหรับสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียผสมกัน ซึ่งลักษณะการผสมนี้มีหลายวิธี ได้แก่

- Isogamete เป็นการผสมกันของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียที่มีรูปร่างเหมือนกันและขนาดเท่ากัน
- Anisogamete เป็นการผสมกันของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียที่มีรูปร่างเหมือนกันแต่ขนาดต่างกัน
- Oogamete เป็นการผสมกันของเซลล์สืบพันธุ์ เพศผู้และเพศเมียที่มีรูปร่างและขนาดแตกต่างกัน

7. การจำแนกหมวดหมู่ของเชื้อรา

เนื่องจากเชื้อรามีอยู่มากมาย บางชนิดมีลักษณะรูปร่างคล้ายคลึงกันมาก บางชนิดแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน ทำให้นักจุลชีววิทยาพยายามที่จะจัดแบ่งเชื้อราเป็นหมวดหมู่ ในสมัยแรก ๆ การจัดประเภทของเชื้อรายังไม่ถูกต้องตามธรรมชาติที่แท้จริง เพราะขาดความรู้ด้านวิวัฒนาการ แต่ในปัจจุบันความรู้ด้านวิวัฒนาการก้าวหน้าไปไกล การจัดประเภทของเชื้อราจึงถูกต้องมากขึ้น

เชื้อราทั้งหมดอยู่ใน Division Eumycopyta ซึ่งแบ่งเป็น 4 class ได้แก่

(1) Class Phycomycetes

เชื้อราใน Class นี้ มีลักษณะที่สำคัญ คือ

(1.1) เส้นใยไม่มีผนังกั้น มีนิวเคลียสกระจัดกระจายทั่วเส้นใย ที่เรียกว่า Coenocytichypha

(1.2) สร้างสปอร์ภายในอับสปอร์ไม่จำกัดจำนวน

(1.3) Resting spore เกิดจากการสืบพันธุ์แบบมีเพศ มีผนังหนา ทำให้ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี

(1.4) ต้องการความชื้นสูงในการเจริญ ส่วนมากเป็นพวกที่อาศัยอยู่ในน้ำ

(1.5) การดำรงชีวิตเป็นแบบ Saprophyte และ Parasite

สมาชิกในกลุ่มนี้ ได้แก่ *Rhizopus Mucor Allomyces Saprolegnia* และ *Aibugo*

(2) Class Ascomycetes

เชื้อราใน Class นี้มีลักษณะที่สำคัญ คือ

(2.1) เส้นใยมีผนังกั้น

(2.2) สปอร์แบบมีเพศสร้างภายใน Ascus มี 8 Ascospore

(2.3) สปอร์แบบไม่มีเพศ ไม่สร้างใน Ascus และสปอร์ไม่เคลื่อนที่

(2.4) ไม่ต้องการความชื้นมากในการเจริญ

สมาชิกที่สำคัญได้แก่ ยีสต์ *Aspergillus* และ *Penicillium*

(3) Class Basidiomycetes

เชื้อราใน Class นี้มีลักษณะที่สำคัญ คือ

(3.1) เส้นใยมีผนังกั้น

(3.2) สปอร์ไม่เคลื่อนที่

(3.3) สปอร์แบบมีเพศซึ่งสร้างบน Basidium โดยในแต่ละ Basidium จะมี 4 Basidiiospore

(3.4) เส้นใยเป็นชนิด Binucleate mycelium คือ มีสองนิวเคลียสในแต่ละเซลล์

สมาชิกที่สำคัญได้แก่ เห็ดชนิดต่าง ๆ

(4) Class Deuteromycetes

ลักษณะที่สำคัญของเชื้อราใน Class นี้ คือ

(4.1) เส้นใยมีผนังกั้น

(4.2) การสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศจะสร้างสปอร์แบบ Conidia

(4.3) การสืบพันธุ์แบบมีเพศยังไม่พบ ถ้าเมื่อไรมีการศึกษาพบว่าเชื้อราเหล่านี้มีการสืบพันธุ์ แบบมีเพศก็จัดไว้ใน Class อื่น ๆ ถ้าพบว่ามีการสร้างสปอร์แบบ Ascospore ก็จัดไว้ใน Class Ascomycetes ถ้าพบว่ามีการสร้างสปอร์แบบ Basidiospore ก็จะจัดอยู่ใน Class Basidiomycetes

สมาชิกที่สำคัญ ได้แก่ พวกที่เป็นสาเหตุของโรคกลากเกลื้อน Hongkong foot ฯลฯ

8. ประโยชน์ของเชื้อรา (Sautour et al., 2009)

(1) เชื้อราพวกที่อยู่ในดินช่วยทำลายเซลล์ลูโลส ซึ่งผนังของเซลลูโลสจากซากพืชเป็นสิ่งจำเป็นในการทำให้ดินกลายเป็นดินอุดมสมบูรณ์ เรื่องนี้มีความสำคัญต่อเกษตรกรมาก เพราะในปีหนึ่ง ๆ มีกิ่งไม้ ใบไม้ หรือซากพืชที่เกิดจากเกษตรกรรมทับถมในดินเป็นจำนวนมาก เซลล์ลูโลสเหล่านี้จะถูกย่อยสลายโดยเชื้อราบางชนิดให้กลายเป็นฮิวมัส ซึ่งมีแร่ธาตุต่าง ๆ ที่จำเป็นในการเจริญของพืชอยู่ด้วย

(2) เชื้อราพวกที่ให้ผลิตภัณฑ์โปรตีนและไขมัน พวกนี้มีคุณค่าทางอาหารสูง ที่สำคัญได้แก่ ยีสต์ ในสมัยสงครามโลกครั้งที่สอง ชาวเยอรมันใช้รา *Geotrichum candidum* เป็นอาหาร ในปัจจุบันประเทศต่าง ๆ เช่น เยอรมัน สวิสเซอร์แลนด์ ฟินแลนด์ จาไมกา และสหรัฐอเมริกา ได้ทำอุตสาหกรรมผลิตอาหารจากยีสต์เพื่อการบริโภคและการเลี้ยงสัตว์ เพราะยีสต์นอกจากจะให้อาหารโปรตีนสูงแล้ว ยังมีวิตามินบีรวมอยู่มากด้วย

สำหรับพวกเห็ดนั้น ได้ใช้บริโภคกันมานานแล้วเช่นกัน แต่ให้คุณค่าทางอาหารน้อยกว่ายีสต์

(3) เชื้อราที่ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องหมักดอง พวกนี้นำมาใช้ในการหมักแป้ง น้ำตาล หรืออินทรีย์สารบางชนิดแล้วได้ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ออกมา เช่น ทำน้ำซีอิ๊ว ทำให้ขนมปังฟูน่ารับประทาน กรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรด Citric กรด Lactic และกรด Malic ตลอดจนผลผลิตแอลกอฮอล์จำพวก Ethyl alcohol

(4) ป้องกันไม้ผุ ไม้ที่เก็บไว้ใช้งานต่าง ๆ มักได้รับความเสียหายจากเห็ดราเป็นจำนวนมาก แต่ในปัจจุบันได้มีการค้นคว้า วิจัย หาวิธีการป้องกันเนื้อไม้แบบใหม่ขึ้นโดยวิธีชีวภาพ ซึ่งอาศัยหลักที่ว่าขณะที่เห็ดราทำลายเนื้อไม้ในตอนแรก ๆ นั้น จะก่อให้เกิดความเสียหายแก่เนื้อไม้ได้น้อยมาก เนื่องจากใช้อาหารพวกแป้งและน้ำตาลที่อยู่ในเนื้อไม้มาเป็นอาหารมากกว่าทำลายเนื้อไม้ ทำให้น้ำตาลและสารอาหารที่จำเป็นในการเจริญของเห็ดราหมดไป เป็นผลให้เห็ดราซึ่งเป็นตัวการทำลายไม้ขาดอาหารในระยะแรกของการเจริญบนเนื้อไม้จึงไม่เจริญ

(5) ใช้ในทางการแพทย์ เชื้อราบางชนิดผลิตสารปฏิชีวนะ ซึ่งใช้ทำลายแบคทีเรียอื่น ๆ ได้ดี เช่น *Penicilium chrysogenum* ใช้ผลิต penicillin เชื้อ *Aspergillus fumigatus* ใช้ผลิต Fumagilln เชื้อ *Penicillium griseofulvum* ใช้ผลิต Griseofulvin และเชื้อ *Nocardia lurida* ใช้ผลิต Ristocetin เป็นต้น

นอกจากนี้ ยังได้มีการนำเห็ดบางชนิดนำมาสกัดเพื่อใช้ในการผลิตยารักษาโรคมะเร็งอีกด้วย เช่น บริษัทอุตสาหกรรมเคมีคุระฮา ในโตเกียว ผลิตยาชื่อ พีเอสเค (P.S.K.) ซึ่งสกัดจากเห็ดคาวาราตะคี ซึ่งเห็ดนี้มักขึ้นตามง่ามไม้ นำไปใช้รักษาโรคมะเร็งในกระเพาะ ปอดและอวัยวะอื่น ๆ และช่วยป้องกันไม่ให้เกิดมะเร็งหรือโรคแทรกซ้อนอีกด้วย

(6) ใช้ในการศึกษาวิจัย โดยเชื้อราบางชนิดนำไปใช้ในทางวิจัย เพราะมีวงชีวิตที่เหมาะสม เจริญได้รวดเร็ว จึงนำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาลักษณะบางอย่าง เช่น Neurospora ใช้ศึกษาลักษณะทางพันธุศาสตร์ ใช้ *Aspergillus niger* ทดสอบแร่ธาตุ ทองแดงในดิน ในดินที่มีทองแดงสีเชื้อราจะมีสีดำ ถ้ามีทองแดงเพียงเล็กน้อยจะมีสีอ่อน ถ้าไม่มีทองแดงจะมีสีเหลือง

9. โทษของเชื้อรา

โทษของเชื้อรามีหลายชนิด ได้แก่

(1) ทำให้เกิดโรค

เชื้อราที่ทำให้เกิดโรคได้แก่สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ แบ่งได้ดังนี้

ก. มนุษย์ เชื้อราที่เกิดกับมนุษย์จำแนกตามตำแหน่งของโรคที่เกิดในร่างกายได้ดังนี้

- เชื้อราที่ทำให้เกิดโรคบริเวณผิวหนัง ได้แก่ กลากเกลื้อน โรคหูอักเสบ กระจกตาอักเสบ โรคขี้รังแค เป็นต้น
- โรคที่เกิดใต้ผิวหนัง ได้แก่ Sporotrichosis
- โรคที่เกิดในอวัยวะภายใน เช่น Cryptococcosis

ข. พืช เชื้อราที่ทำให้เกิดโรคกับพืชหลายชนิด เช่น *Smut rust* และ *Downy mildew* เกิดความเสียหายแก่พืชผลของเกษตรกรปีละจำนวนมาก

ค. สัตว์ สัตว์เลี้ยงอาจเกิดโรคติดต่อจากเชื้อราได้และสัตว์เหล่านี้จะเป็นพาหะแพร่โรคไปสู่สัตว์อื่น ๆ เช่น โรคกลากในสุนัข เกิดจากเชื้อ *Microsporum canis* ส่วนพวก *Saprolegnia* จะทำให้เกิดโรคตามผิวผนังของปลา

(1.1) เชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคแพ้ในมนุษย์

เชื้อราพวกที่เป็นสาเหตุของโรคแพ้ในมนุษย์ที่สำคัญ ได้แก่ *Alternaria Phama Ciadosporium* spp. (โดยเฉพาะ *C. Fulvum*) และ *Aspergillus* spp. (โดยเฉพาะ *Aspergillus Fumigatus*) *Utilago* spp. และ *Chaetomium* spp. ในโรคแพ้บางชนิด เช่น Pneumonitis เกิดจาก *Aspergillus clavatus* และ *Aspergillus fumigatus* อีกด้วย

(1.2) เชื้อราที่สร้างสารพิษ โรคที่เกิดจากสารพิษของเชื้อราที่สำคัญคือ Aflatoxicosis เนื่องมาจาก Aflatoxin ที่ผลิตจากเชื้อราหลายชนิด โดยเฉพาะเชื้อรา *Aspergillus flavus* ซึ่งมีพบตามอาหารทั่วไป ทำให้ผู้บริโภคตายได้

(1.3) พิษจากเห็ด

เห็ดที่เป็นพิษต่อมนุษย์ที่สำคัญ คือ เห็ดเมา ซึ่งมีหลายชนิดด้วยกัน เช่น *Amanitamuscaria Amanita phalloides* และ *Coprinus atramentarius* เป็นต้น

น้ำยาฆ่าเชื้อและยาปราศจากเชื้อ (Antiseptic and Disinfectant)

น้ำยาฆ่าเชื้อ เป็นชื่อเรียกสารเคมีที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ ปลอดเชื้อหรือระงับเชื้อ ซึ่งจะระบุที่ฉลากของผลิตภัณฑ์ว่ามีฤทธิ์ระดับใด (Khan and Karuppayil, 2010) ได้แก่

Antiseptics หมายถึง สารเคมีที่ใช้ทำลาย หรือยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ใช้กับภายนอกของร่างกายสิ่งมีชีวิต โดยไม่ทำอันตรายต่อเนื้อเยื่อเหล่านั้น

Disinfectant หมายถึง สารเคมีที่ใช้ทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และใช้กับสิ่งไม่มีชีวิต เช่น เครื่องมือ สถานที่ เป็นต้น สารเคมีเหล่านี้จะทำให้เกิดอันตรายต่อผิวหนังและเยื่อเมือกของร่างกายโดยตรง

Germicide หรือ Micromicide ความหมายใกล้เคียงกับ Disinfectant ถ้าเจาะจงเฉพาะเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ จะระบุเป็น Bactericide, Fungicide, Viruscide, Sporicide เป็นต้น

น้ำยาฆ่าเชื้อ แบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ 2 วิธี ดังนี้

1. แบ่งตามความสามารถในการทำลายเชื้อได้ 3 ระดับ ดังนี้

(1) น้ำยาฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูง (High-level disinfectant) หมายถึง สารเคมีสามารถทำลายสปอร์ของแบคทีเรียและจุลินทรีย์อื่น ๆ ทุกชนิด จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นสารที่ทำให้ปลอดเชื้อ (Sterilant) ในวัสดุ หรือเครื่องมือที่ต้องการปลอดเชื้ออย่างยิ่ง (Critical items) ตัวอย่างสารเคมีกลุ่มนี้ ได้แก่ กลูตาราลดีไฮด์ 2.0 – 3.2 %, ก๊าซเอทิลีนออกไซด์ เป็นต้น

(2) น้ำยาฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพปานกลาง (Intermediate-level disinfectant) คือ สารเคมีที่ไม่สามารถทำลายสปอร์ของแบคทีเรีย แต่สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญ เช่น เชื้อวัณโรค และไวรัสได้ โดยฤทธิ์ในการทำลายเชื้อไวรัสเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มข้นของน้ำยา มักใช้สารเคมีเหล่านี้ในกลุ่มเครื่องมือที่ต้องการปลอดเชื้อปานกลาง (Semi-critical items) ตัวอย่าง

สารเคมีกลุ่มนี้ ได้แก่ แอลกอฮอล์, ฟอร์มาลดีไฮด์, ไอโอโดฟอร์, สารประกอบคลอรีน (เช่น โซเดียมไฮโปคลอไรด์)

(3) น้ำยาฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพต่ำ (Low-level disinfectant) คือ สารเคมีที่ไม่สามารถทำลายสปอร์ของแบคทีเรีย และไม่สามารถทำลายเชื้อวัณโรคและเชื้อไวรัสได้ สารเคมีเหล่านี้เมื่อความเข้มข้นสูง อาจเปลี่ยนจาก Low-level disinfectant เป็น Intermediate-level disinfectant ได้ เช่น Povidone - iodine จาก 75 ppm ถึง 450 ppm สารเคมีบางชนิดแม้ความเข้มข้นจะเพิ่มขึ้นเพียงใดก็เป็น Low-level disinfectants เช่น Benzalkonium chloride (ชื่อการค้า Zephirol, Zephiran) สารเคมีกลุ่มนี้เหมาะสำหรับวัสดุ หรือเครื่องมือที่ไม่จำเป็นต้องปลอดเชื้อมากนัก (Non-critical items)

2. แบ่งตามคุณสมบัติทางเคมี โดยเฉพาะโครงสร้างทางเคมี (คัดเลือกเฉพาะน้ำยาที่ใช้อย่างแพร่หลาย) ได้แก่

(1) กลุ่มแอลกอฮอล์ (Alcohols)

แอลกอฮอล์ที่ใช้แพร่หลาย คือ เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) และไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (Isopropyl alcohol) ซึ่งเป็นสารระงับเชื้อและฆ่าเชื้ออย่างแพร่หลายมานานแล้ว

คุณสมบัติ มีดังนี้

- แอลกอฮอล์ออกฤทธิ์โดยการตกตะกอนโปรตีน และละลายไขมันที่เยื่อหุ้มเซลล์
- เอทิลแอลกอฮอล์ สามารถระดับเชื้อวัณโรคได้ และไวรัสพวก herpes, influenza, rabies ได้ แต่พวกไวรัสตับอักเสบและเอดส์ ยังไม่มีหลักฐานแน่ชัด ขณะที่ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์สามารถฆ่าเชื้อได้ ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อเร็วประมาณ 1 - 2 นาที ฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ทั้งแกรมบวกและแกรมลบ
- ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรคได้สูงกว่า เอทธิลแอลกอฮอล์ แต่ระเหยช้ากว่า ทำให้ผิวแห้งและระคายเคืองมากกว่า
- ความเข้มข้นที่ดีที่สุด คือ 70% เพราะมีปริมาณแอลกอฮอล์น้อยที่สุดที่จะได้ผลดีที่สุด และมีปริมาณน้ำที่พอเหมาะที่จะทำให้ผิวหนังเปียกได้ดี ช่วยให้แอลกอฮอล์แทรกซึมกระจายตัวได้ดี และระเหยช้า ๆ ไม่เป็นอันตรายต่อผิวหนังมาก ถ้าความเข้มข้นมากกว่า 80% ขึ้นไป ประสิทธิภาพจะลดลงที่ความเข้มข้น 70% แอลกอฮอล์ทั้ง 2 ชนิดนี้ ใช้ได้ทั้งเป็นสารระงับเชื้อ (Antiseptic) และสารฆ่าเชื้อ (Disinfectant) นอกจากจะใช้เป็นสารฆ่าเชื้อโดยลำพังแล้ว ยังใช้ร่วมกับสารฆ่าเชื้ออื่น ๆ เช่น Savlon 1 : 30 in alcohol 70% ใช้แช่เครื่องมือกรณีต้องการฆ่าเชื้อเร่งด่วน 2 - 5 นาที เป็นต้น

ข้อจำกัดของแอลกอฮอล์

ประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อสัมผัสสารอินทรีย์ เนื่องจากแอลกอฮอล์ไม่ละลายโปรตีนในเลือดหรือน้ำตาล นอกจากนี้ยังกัดกร่อนทำลายเลนส์และเครื่องใช้พลาสติก

(2) กลูตาราลดีไฮด์ (Glutaraldehyde)

คุณสมบัติ มีดังนี้

- กลูตาราลดีไฮด์ ที่ความเข้มข้น ≥2% จัดเป็นน้ำยาฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูง
- ไม่ใช้เป็น Antiseptic เพราะมีฤทธิ์ระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อ

- มีฤทธิ์ฆ่าสปอร์มากกว่า Formaldehyde 2 - 8 เท่า
- สามารถฆ่า Vegetalive cell ของแบคทีเรียใน 5 นาที
- ฆ่าไวรัสตับอักเสบและเอดส์ได้ภายใน 15 - 30 นาที
- ความสามารถในการฆ่าสปอร์ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อและจำนวนเชื้อ
- การฆ่าเชื้อวัณโรค จะฆ่าได้ช้าและมีฤทธิ์ฆ่าวัณโรคได้น้อยกว่าฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde), ไอโอไดน์ (Iodide) และแอลกอฮอล์ (Alcohol)
- มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อได้แม้ปนเปื้อนเลือด หรือสารคัดหลั่ง
- ไม่ทำลายเนื้อพลาสติกและเลนส์
- มีฤทธิ์กัดกร่อนโลหะต่ำ จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ปลอดเชื้อวัตถุที่ไม่สามารถทนความร้อนได้

ข้อจำกัดของกลูตาราลดีไฮด์

- ราคาแพง
- มีกลิ่นฉุน ระคายเคือง ต้องล้างออกให้หมดด้วยน้ำกลั่นหลังแช่น้ำยา ก่อนแช่น้ำยาต้องล้างสารอินทรีย์ออกให้หมด และเช็ดให้แห้งสนิทก่อน
- ต้องระมัดระวังเรื่องวันหมดอายุ
- ต้องสวมถุงมือ ใส่หน้ากากทุกครั้งที่ใช้น้ำยานี้
- บริเวณที่ใช้ต้องมีอากาศถ่ายเทสะดวก เพราะยาระเหยได้บ้างและมีฤทธิ์ระคายเคือง
- น้ำยาจะมีประสิทธิภาพอยู่ได้ 28 วัน แต่ถ้าแช่เครื่องมือซ้ำไปซ้ำมา น้ำยาอาจ Neutralized หรือ diluted ดังนั้น จึงใช้ต่อเนื่องเพียง 2 สัปดาห์ แล้วควรเปลี่ยน

(3) สารประกอบคลอรีน (Chlorine containing compounds)

คลอรีนมีสถานะเป็นก๊าซจึงไม่สะดวกที่จะนำมาใช้งานทั่ว ๆ ไป และสารละลายไม่คงตัว สารเคมีที่ใช้กันแพร่หลาย คือ โซเดียมไฮโปคลอไรด์ ซึ่งมีคุณสมบัติต่าง ๆ เหมือนกับคลอรีน แต่ใช้ง่ายกว่า การออกฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อจากการละลายน้ำแล้วให้กรดไฮโปคลอรัส (Hypochlorus acid : -HOCL) เข้าทำปฏิกิริยากับโปรตีนภายในเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ หรืออาจเกิดการออกซิไดส์ (Oxidize) ไวทัลเอนไซซ์ (Vital enzynu)

ข้อดีของโซเดียมไฮโปคลอไรด์

- ราคาถูก
- สามารถฆ่าเชื้อได้ดี ขึ้นกับความเข้มข้นของตัวยา จึงเป็นทั้ง Antiseptic และ Disinfectant (ความเข้มข่นจะต้องเป็นเปอร์เซ็นต์ของโซเดียมไฮโปคลอไรด์ หรือ ppm ของ available โดย 1% NaOCl = 10,000 ppm available chlorine)
- ความเข้มข้น 0.10 - 0.25 ppm จะสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียส่วนใหญ่ได้ใน 15 - 30 วินาที
- สามารถฆ่าเชื้อวัณโรคได้ แต่ไม่สามารถฆ่าสปอร์ได้

- ที่ความเข้มข้น 0.5 - 1 % สามารถทำลายไวรัสได้ถึง 100% เช่น HB-virus และ HTLV-3 (AIDS) ความเข้มข้น 0.5% Sodium hypochlorite (Dakin's Solution) สามารถใช้เป็น Antiseptic ใช้ล้างแผลสกปรกเพื่อละลาย และดับกลิ่นเนื้อเยื่อที่ตายแล้ว

ข้อเสียของโซเดียมไฮโปคลอไรด์

- เป็นสารเคมีที่ไม่คงตัว ต้องผสมน้ำยาใหม่ทุกวัน
- ระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อและผิวหนัง
- กลิ่นฉุน กัดกร่อนโลหะ
- ใช้ทำความสะอาดพื้นผิววัตถุได้ การใช้งานต้องสวมถุงมือทำความสะอาด ใส่หน้ากาก แว่นตาป้องกัน และเสื้อคลุม
- ประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อสัมผัสกับอินทรีย์วัตถุ จึงควรทำความสะอาดเครื่องมือก่อนฆ่าเชื้อด้วยวิธีนี้

(4) ไอโอโดฟอร์ (Iodophors)

สารละลายไอโอดีน หรือทิงเจอร์ ใช้เป็นยาระงับเชื้อ (Antiseptics) ที่ผิวหนังหรือเนื้อเยื่อมานานแล้ว ไอโอฟอร์ที่นิยมใช้จะเป็นสารประกอบของไอโอดีนกับตัวทำละลาย (Polyvinylpyrrolidone) ซึ่งคุ้นเคยในชื่อ โพวีโดน - ไอโอดีน

คุณสมบัติ มีดังนี้

- ออกฤทธิ์ในการทำลายจุลินทรีย์ โดย free Iodine (I_2) ผ่านหนังเซลล์ไปทำลายโปรตีน และทำลายขบวนการสร้าง nucleic acid ของเชื้อจุลินทรีย์อย่างรวดเร็ว
- ประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อ ขึ้นอยู่กับปริมาณ Free Iodine ซึ่งเกิดจากการเจือจางน้ำยาอย่างถูกต้องตามข้อกำหนดของบริษัทผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด
- ใช้เป็นยาระงับเชื้อ (Antiseptic) และยาฆ่าเชื้อ (Low-level ถึง intermediate-level disinfectant)
- สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้หลายชนิด รวมทั้งเชื้อวัณโรค กรณีสัมผัสนาน 5 - 10 นาที

ข้อจำกัดของไอโอโดฟอร์

- น้ำยาที่ผสมแล้ว ต้องเปลี่ยนใหม่ทุกวัน เนื่องจากประสิทธิภาพสูงสุดในการฆ่าเชื้อวัณโรค จะเปลี่ยนไปหลังจากผสมแล้ว 24 ชั่งโมง
- ต้องใช้น้ำกลั่นในการเจือจางน้ำยาที่จะใช้งาน หากเป็นน้ำกระด้าง น้ำยาจะหมดประสิทธิภาพ
- กัดกร่อนพื้นผิวโลหะ และติดสี ตกค้างกรณีใช้ไปนาน ๆ (ต้องเช็ดด้วยแอลกอฮอล์หลังจากแช่น้ำยาแล้ว)
- เวลาที่สัมผัสน้ำยา อย่างน้อย 10 นาที จึงจะมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ
- สารอินทรีย์จะทำให้ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อลดลง

(5) กลุ่มฟีนอล (Phenols)

สารเคมีในกลุ่มฟีนอล เป็นยาฆ่าเชื้อชนิดแรกที่ใช้อย่างแพร่หลายในโรงพยาบาล จากคุณสมบัติที่มีพิษต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิต มีกลิ่นฉุนระคายเคืองทางเดินหายใจ ปัจจุบันจึงเลิกใช้ 30 ปีที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาสารฆ่าเชื้อในกลุ่มฟีนอลใหม่ โดยมีเกลือฟีนอลเป็นองค์ประกอบ

คุณสมบัติ ได้แก่

- สามารถฆ่าเชื้อโรคได้หลายชนิด รวมทั้งเชื้อวัณโรค แต่ไม่สามารถฆ่าสปอร์ได้
- เป็นสารเคมีในกลุ่มลดแรงตึงผิว ช่วยให้ทำความสะอาดได้ง่ายขึ้น
- ไม่กัดกร่อน และไม่ให้สารตกค้าง

ข้อจำกัด คือ ระคายเคืองผิวหนัง ต้องระมัดระวังไม่ให้สัมผัสผิว

(6) ควอเทอนารีแอมโมเนียมคอมเพานด์ (Quat)

คุณสมบัติ ได้แก่

- เป็นสารช่วยลดแรงตึงผิว ช่วยในการทำความสะอาด
- มีอันตรายต่อผู้ใช้น้อย ไม่ระคายเคืองผิวหนัง และไม่กัดกร่อนพื้นผิว
- น้ำยาเมื่อเจือจางแล้ว มีความคงตัว ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนทิ้งทุกวัน
- สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้หลายชนิด รวมทั้ง Virus Aids แต่ไม่สามารถฆ่าสปอร์เชื้อวัณโรค และไวรัสตับอักเสบได้ จึงจัดเป็นน้ำยาฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพต่ำ ไม่สามารถนำมาใช้ฆ่าเชื้อเครื่องมือได้ สามารถใช้ทำความสะอาดพื้นผิวภายนอกเท่านั้น
- ใช้เวลาในการสัมผัสพื้นผิว 10 นาที ในการฆ่าเชื้อ
- ทำให้เกิดสารตกค้าง ซึ่งไม่ย่อยสลายในธรรมชาติ
- ประสิทธิภาพลดลงเมื่อสัมผัสสารอินทรีย์

(7) ควอเทอนารีแอมโมเนียมคอมเพานด์ (Quat)

เป็นน้ำยาฆ่าเชื้อชนิดใหม่ ซึ่งนำข้อดีของน้ำยาในกลุ่มแอลกอฮอล์มาลดข้อด้อยของน้ำยาในกลุ่มควอท จึงเป็นการผสมผสานกันได้น้ำยาฆ่าเชื้อใหม่

คุณสมบัติ ได้แก่

- เวลาในการสัมผัสพื้นผิวในการทำลายเชื้อลดลงครึ่งหนึ่ง (จากเดิม 10 นาที)
- ไม่มีสารตกค้างที่พื้นผิว ไม่จำเป็นต้องล้างน้ำหลังจากขึ้นจากน้ำยา
- ไม่กัดกร่อนทุกพื้นผิว เช่น โลหะ แก้ว พลาสติก
- ประสิทธิภาพไม่ลดลงเมื่อสัมผัสกับสารอินทรีย์
- ไม่ก่อให้เกิดสารตกค้างที่ไม่ย่อยสลายในสิ่งแวดล้อม
- กรณีที่ผสมแอลกอฮอล์มากกว่า 40% โดยมีปริมาณควอท มากกว่า 0.20% แต่ไม่มากกว่า 0.30% สามารถฆ่าเชื้อวัณโรคได้ จึงจัดเป็นน้ำยาฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพปานกลาง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิจจา จิตรภิรมย์ และคณะ (2555) ได้ทำการตรวจประเมินการปนเปื้อนของเชื้อราในอากาศและการจัดการควบคุมเชื้อราภายในสถานบริการสปา จำนวน 3 แห่งในกรุงเทพฯ โดยใช้วิธีการ Settle plate โดยการเปรียบเทียบปริมาณเชื้อราภายในอากาศระหว่างภายในและภายนอกอาคาร จำนวน 8 จุด ในแต่ละแห่ง พบว่า ปริมาณการปนเปื้อนเชื้อราของสถานบริการสปาทั้ง 3 แห่ง มีน้อยกว่าร้อยละ 80 ของเชื้อราภายนอกอาคาร แสดงว่าไม่มีความเสี่ยงทางสุขภาพต่อการสัมผัสเชื้อราในอากาศ โดยเชื้อราทั่วไปที่พบ คือ *Scedosporium* spp. *Penicilium* spp. *Cladosporium* spp.

และ *Alternaria* spp. จากการหาปริมาณเชื้อราทั้งหมด (Total fungal count) ที่ปนเปื้อนด้วยวิธีป้ายเชื้อ (Swab) จากพื้นภายในสปา พบว่า มีปริมาณเชื้อราทั้งหมดเฉลี่ยในสปาที่ 1 สปาที่ 2 และสปาที่ 3 ครั้งแรก (D_0) เป็น 9.2×10^2, 1.2×10^3 และ 9.5×10^2 CFU/inch^2 ในการเก็บป้ายเชื้อครั้งที่ 2 (D_1) มีปริมาณเชื้อราลดลงเป็น 4.4×10^2, 7.5×10^2 และ 7.2×10^2 และหลังจากการจัดการลดการปนเปื้อนของเชื้อรา พบว่า ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัดการปนเปื้อนของเชื้อราและการควบคุมเชื้อราในอากาศภายในแต่ละสปา คือ ร้อยละ 11.4, 10.3 และ 8.3 ตามลำดับ ดังนั้น มาตรการที่ใช้ในการควบคุมเชื้อราในสปามีความเหมาะสมสำหรับลดการปนเปื้อนของเชื้อราในสถานประกอบการได้ดี

สมรรถ ปรีกลาง และคณะ (2555) ได้ทำการสำรวจจำนวนเชื้อแบคทีเรียและราในห้องทำงานที่ใช้เครื่องปรับอากาศของกรมสรรพาวุธทหารบก เป็นเวลา 3 เดือน โดยการเก็บตัวอย่างอากาศ 196 ตัวอย่าง จาก 86 ห้องทำงาน ด้วยเครื่อง Portable Biostage Single stage bioaerosols impactor ลงบนจานเลี้ยงเชื้อของแบคทีเรียและรา ผลการสำรวจพบว่าอากาศในห้องทำงานที่ใช้เครื่องปรับอากาศมีจำนวนแบคทีเรียมากกว่ารา จำนวนแบคทีเรียและราในอากาศเป็นที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานเชื้อโรคภายในอาคาร แต่เมื่อเปรียบเทียบร้อยละอัตราส่วนของเชื้อภายใน/ภายนอกอาคาร พบว่า ทั้งแบคทีเรียและรา มีค่ามากกว่าร้อยละ 30 - 60 ซึ่งเกินค่ามาตรฐานของ OSHA

ศรัญญู คำภาบุตร (2552) ทำการศึกษาโดยตรวจวัดอัตราการระบายอากาศ พร้อมทั้งฝุ่นละออง และปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศของห้องภายในโรงพยาบาล ที่ใช้วิธีระบายอากาศแตกต่างกัน ได้แก่ ห้องที่ระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว และห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม ภายในโรงพยาบาล โดยทำการศึกษาในช่วงเวลาเช้า ช่วงเที่ยง และช่วงบ่าย การเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ใช้เครื่องเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศแบบชั้นเดียว (Single Stage Bio-Impactor) ที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ Blood Agar สำหรับเชื้อแบคทีเรีย และอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar สำหรับเชื้อรา ในขณะเดียวกันทำการวัดฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน การศึกษาพบว่า ห้องที่ระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติมีอัตราแลกเปลี่ยนอากาศมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig = 0.000) และมีความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน มากกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig = 0.000, Sig = 0.000 และ Sig = 0.000) แต่ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศมากกว่าห้องที่ระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig = 0.021 และ Sig = 0.004) นอกจากนั้น พบว่า ความหนาแน่นของคนภายในห้อง มีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศ ($R^2 > 0.50$) แต่ไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างตัวแปรอื่นๆ

เด่นนภา รุ่งศิริ (2550) ได้ทำการศึกษาจุลินทรีย์ในเครื่องปรับอากาศของมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ณ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ ห้องสมุดชั้น 6 และชั้น 7 ห้องพักอาจารย์ภาควิชาชีววิทยา ชั้น 5 และชั้น 6 ห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยา 965 รวมทั้งหมด 7 แห่ง ๆ ละ 3 ซ้ำ โดยใช้วิธี Swab test พบว่ามีเชื้อราทั้งหมด 7 สกุล 15 ชนิด ได้แก่ เชื้อราในสกุล *Acremonium*, *Aspergillus*, *Chrysosporium*, *Curvularia*, *Penicillium*, *Phialophora* และ *Paecilomyces*

และจากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พบว่า ปริมาณของเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียที่พบของแต่ละสถานที่ จากการศึกษาจำนวน 3 ครั้ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 95% ($P \leq 0.05$)

Yassin and Almougatea (2010) ได้ทำการศึกษาแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศบริเวณภายในและภายนอกอาคาร ทั้งชนิดและปริมาณของจุลชีพในอากาศ โดยใช้วิธีเก็บตัวอย่างอากาศแบบ Open plate technique ในช่วงฤดูใบไม้ผลิ (มีนาคม - พฤษภาคม) จากสถานที่ต่าง ๆ จำนวน 4 แห่ง ได้แก่ ห้องครัว ห้องเรียน ห้องนันทนาการ และห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาพบว่า มีกลุ่มแบคทีเรียและเชื้อรา จำนวน 26 กลุ่ม ซึ่งพบว่ามีจำนวนที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับมาตรฐาน และสุขอนามัยของคน ทั้งนี้พบว่ามีเชื้อรา 7 สกุล ที่สำคัญ คือ เชื้อราในจีนัส *Aspergillum*

Cetinkaya et al (2005) ได้ทำการศึกษาหาเชื้อราในอากาศภายในบ้าน ของเมือง Afyon อนาโยเลียตะวันตก ประเทศตุรกี โดยเก็บข้อมูลตามฤดูกาลต่าง ๆ ตลอด 1 ปี โดยศึกษาในส่วนต่าง ๆ จำนวน 10 แห่ง ภายในบ้าน ทั้งนี้พบว่า สามารถพบเชื้อราในอากาศทุกแห่ง โดยสามารถจำแนกได้ถึง 27 สกุล ที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ *Cladosporium* spp. (31.9%) รองลงมาคือเชื้อรา *Aspergillus* spp. (18.6%) *Penicillium* spp (15.5%) *Alternaria* spp. (13.0%) และสายพันธุ์อื่น ๆ (21.0%) ทั้งนี้พบว่า เชื้อราในห้องครัวจะมีมากกว่าในส่วนอื่น ๆ ของบ้าน เช่น ห้องนั่งเล่น ห้องนอน ($p < 0.05$) และพบว่าชนิดของเชื้อราในอากาศในภูมิภาคของเมือง Afyon มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ทุกสายพันธุ์ของเชื้อรามีความชุกสูงสุดของพวกเขาในฤดูร้อนและต่ำสุดในช่วงฤดูหนาว แต่มีเพียง *Aspergillus* spp ที่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลอย่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.012$)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ เป็นการศึกษาเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการสะสมของเชื้อราในอากาศ และเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร โดยคัดเลือกพื้นที่สุ่มเก็บตัวอย่างของอาคารสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ในสภาวะการทำงานปกติของอาคาร และศึกษาประสิทธิภาพของน้ำยาฆ่าเชื้อราชนิดต่าง ๆ ในการกำจัดเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศนี้ ซึ่งมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

การศึกษาชนิด ปริมาณ และอัตราการสะสมของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการสำรวจพื้นที่ ณ อาคารสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต และคัดเลือกพื้นที่สุ่มเก็บตัวอย่างเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ จำนวน 1 พื้นที่ คือ ห้อง E-Learning center ซึ่งเก็บตัวอย่างทั้งหมด 5 จุด (กลางห้อง 1 จุด และมุมห้องทั้ง 4 ด้าน) โดยเครื่องเก็บตัวอย่างจุลชีพในอากาศ ให้มีอัตราการไหลรวมต่อการเก็บตัวอย่าง 1 ครั้ง เท่ากับ 1,000 ลิตร (1 ลูกบาศก์เมตร) เพื่อให้ได้ตัวแทนของการเก็บตัวอย่างเป็นไปตามมาตรฐาน ISO (TC/209) ผ่านจานเพาะเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) ขนาด 90 x 15 มิลลิเมตร ที่ระดับหายใจเพื่อดักเชื้อรา และเก็บตัวอย่างจุลชีพจากเครื่องปรับอากาศโดยวิธีการป้ายเชื้อ (swab) รวมถึงเก็บข้อมูลปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ และทำการศึกษาหาชนิด ปริมาณเชื้อรา และอัตราการสะสมของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ โดยทำการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ซ้ำอีกครั้ง ซึ่งมีระยะเวลาห่างจากการเก็บตัวอย่างครั้งแรก เป็นเวลา 2 วัน (งดทำความสะอาดในพื้นที่ที่ศึกษา) โดยมีวิธีการเก็บตัวอย่างเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร และการทดลองเพื่อจำแนกชนิดของเชื้อรา ดังนี้

1. การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ปริมาณเชื้อราในอากาศภายในอาคาร

(1) การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Potato Dextrose Agar) เทลงบนจานเพาะเชื้อเพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างเชื้อราในอากาศ

(2) ปรับเทียบเครื่องเก็บตัวอย่างจุลชีพในอากาศ ให้มีอัตราการไหลรวมต่อการเก็บตัวอย่าง 1 ครั้ง เท่ากับ 1,000 ลิตร (1 ลูกบาศก์เมตร) เพื่อให้ได้ตัวแทนของการเก็บตัวอย่างเป็นไปตามมาตรฐาน ISO (TC/209)

(3) เก็บตัวอย่างเชื้อราในอากาศ (ภาพที่ 3.1) โดยใช้จานเพาะเชื้อที่เตรียมในข้อ (1) ความสูงของเครื่องเก็บตัวอย่างจุลชีพในอากาศ อยู่สูงจากระดับพื้น 1.2 - 1.5 เมตร (ระดับหายใจ)

(4) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เพื่อนับปริมาณโคโลนีเชื้อราตามลักษณะของโคโลนีและเส้นใยของเชื้อราที่เกิดขึ้น

2. การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ปริมาณเชื้อราที่สะสมในเครื่องปรับอากาศ

(1) การเตรียมสารละลาย Sodium Chloride 0.85% ปริมาตร 1,000 mL ปิเปตสารละลายลงในหลอดทดลอง (มีฝาปิด) หลอดละ 10 mL และใส่ไม้พันสำลีใส่ลงในหลอดทดลอง นำไปนึ่งฆ่าเชื้อ เพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างเชื้อราในเครื่องปรับอากาศ

(2) ทำความสะอาด Template สำหรับการป้ายเชื้อ (Swab) โดยการเช็ดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 70% และวาง/ติดลงบนพื้นผิวที่ต้องการเก็บตัวอย่าง (หน้ากากเครื่องปรับอากาศ)

(3) เก็บตัวอย่างเชื้อราในเครื่องปรับอากาศ โดยนำไม้สวอปที่มีสารละลาย Sodium Chloride 0.85% เช็ดในพื้นผิวที่กำหนด (2 x 2 ตารางเซนติเมตร) และจุ่มใส่ในหลอดทดลองเดิม ปิดฝาให้สนิท โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างละ 2 ซ้ำ (ภาพที่ 3.2)

(4) เขย่าหลอดทดลองให้เข้ากัน และทำการ Spread plate ลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร PDA ที่ระดับความเจือจางต่างๆ ด้วยวิธี Serial dilution plate โดยการเจือจางสารละลาย Sodium Chloride 0.85% จากหลอดทดลองที่ทำการสวอป ที่ระดับการเจือจาง 10^{-2} - 10^{-5} และปิเปตดูดสารละลาย 0.1 mL ลงไป ใช้แท่งแก้วงอลนไฟฆ่าเชื้อเกลี่ยให้สารละลายของตัวอย่างกระจายบนผิวหน้าอาหารอย่างสม่ำเสมอ และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เพื่อนับปริมาณโคโลนีเชื้อราตามลักษณะของโคโลนีและเส้นใยของเชื้อราที่เกิดขึ้น

3. การจำแนกชนิดของเชื้อรา

(1) การทำสไลด์ถาวร โดยวิธี Slide culture

(1.1) เตรียมอาหาร อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Potato Dextrose Agar) เทลงบนจานเพาะเชื้อให้ระดับอาหารสูงประมาณ 2 มิลลิเมตร ทิ้งไว้ให้เย็น และผิวหน้าอาหารแห้ง ใช้มีดจุ่มแอลกอฮอล์ 95% เผาไฟเพื่อฆ่าเชื้อ แล้วจึงกรีดอาหารเลี้ยงเชื้อออกเป็นสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ ใช้ Forceps คีบสไลด์จุ่มแอลกอฮอล์ 95% แล้วเผาไฟ วางลงบนแท่งแก้วซึ่งงอเป็นข้อศอกในจานเพาะเชื้อซึ่งผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว ใช้มีดยกชิ้นวุ้นมาวางตรงกลางสไลด์ในจานเพาะเชื้อที่เตรียมไว้ ใช้เข็มเขี่ยเชื้อรามาแตะที่ส่วนหนาของทั้ง 4 ด้านของชิ้นวุ้น นำกระจกปิดสไลด์จุ่มเอทิลแอลกอฮอล์ 95% และเผาไฟแล้วค่อย ๆ วางปิดบนชิ้นวุ้นที่ปลูกเชื้อราแล้ว เทน้ำกลั่นฆ่าเชื้อลงในจานเพาะเชื้อเล็กน้อย บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง จนกระทั่งเส้นใยของราเจริญ และตรวจโครงสร้างสัณฐานวิทยาของเชื้อราด้วยวิธี Microscopic examination โดยใช้กล้องจุลทรรศน์

(1.2) จัดจำแนกเชื้อราที่แยกได้ โดยใช้ key ของ Domsch et al. (1993), Raper and Fennell (1965) และ Sutton (1980)

(2) การสกัดดีเอ็นเอของเชื้อรา โดยการหาลำดับเบสดีเอ็นเอ (DNA Sequencing)

โดยการส่งตัวอย่างเชื้อราที่คัดแยกได้จากการตรวจโครงสร้างสัณฐานวิทยา ไปยังห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อใช้ในการตรวจสอบในระดับดีเอ็นเอ ในการยืนยันชนิดของเชื้อราในครั้งนี้ และเก็บ stock เชื้อราที่สกัดได้ เพื่อใช้ในการวิจัยลำดับต่อไป

ภาพที่ 3.1 การเก็บตัวอย่างเชื้อราในอากาศภายในอาคารสำนักวิทยบริการฯ

ภาพที่ 3.2 การเก็บตัวอย่างเชื้อราในเครื่องปรับอากาศด้วยวิธีการสวอป (Swab)

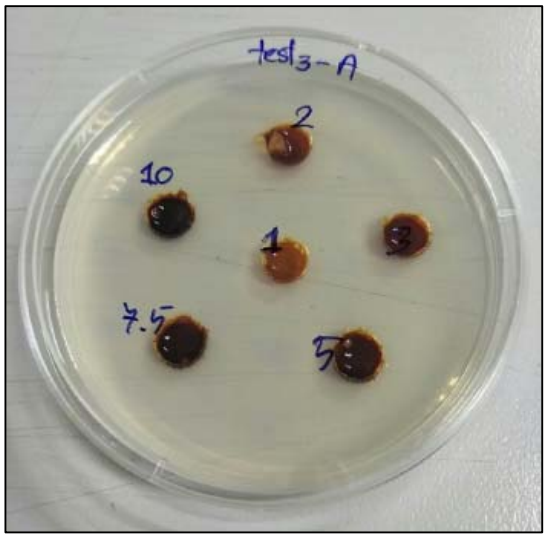
การทดสอบฤทธิ์การต้านและประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ

1. การทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ ของน้ำยาฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ

(1) การเพาะเลี้ยงเส้นใยของเชื้อราที่ stock ไว้จากผลการศึกษาก่อนหน้า ลงใน Tween 80% เขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยให้มีความเข้มข้นประมาณ 5.0×10^{6} CFU/mL

(2) การตรวจสอบฤทธิ์การต้านเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ ด้วยวิธี Agar well diffusion โดยนำเชื้อราที่เลี้ยงในข้อ (1) มา spread plate ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar

(PDA) จากนั้นเจาะหลุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ด้วย Cork borer แล้วเติมน้ำยาฆ่าเชื้อที่คัดเลือก จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ โพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine), ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide), กรดอะซิติก (Acetic acid) และไอโซโพรพานอล (ISO - Propanol) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) ปริมาณ 100 ไมโครลิตร ลงในหลุมบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ตรวจวัดผลโดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางฤทธิ์ยับยั้ง (Inhibition zone) โดยใช้ Vernier caliper การทดลองแต่ละตัวอย่างทำซ้ำ 3 ครั้ง (ภาพที่ 3.3)



ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศของน้ำยาฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ

2. การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ

(1) เพาะเลี้ยงเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศที่คัดเลือก ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยให้มีอายุเฉลี่ยของการเพาะเลี้ยง 5 วัน เพื่อไม่ให้สภาพของสปอร์เชื้อราแก่เกินไป

(2) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose broth (PDB) 23 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อ และเติมน้ำยาฆ่าเชื้อที่คัดเลือก จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ โพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine), ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide), กรดอะซิติก (Acetic acid) และไอโซโพรพานอล (ISO - Propanol) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) ปริมาณ 2 มิลลิลิตร เขย่าเล็กน้อยเพื่อผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

(3) เจาะหลุมเพื่อตัดสปอร์เชื้อราที่เพาะเลี้ยงในข้อ (1) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ด้วย Cork borer ใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose broth (PDB) และผสมน้ำยาฆ่าเชื้อจากข้อ (2) ทุกความเข้มข้นที่เตรียม รวมชุดควบคุม (ไม่เติมน้ำยา

ฆ่าเชื้อ) บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน (ภาพที่ 3.4) และชั่งน้ำหนักตัวอย่างชิ้นสปอร์เชื้อราที่เจาะหลุดไว้ บันทึกเพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป

ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ

(4) อบกระดาษกรอง What man เบอร์ 1 ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นใน dessicator ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองและบันทึกค่า และนำไปกรองเชื้อราที่ทำการทดสอบจากข้อ (3) หลังจากบ่มเป็นเวลา 5 วัน ทำให้แห้งโดยอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้งสนิท ทิ้งไว้ให้เย็นใน dessicator ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองที่มีเชื้อราและบันทึกค่า

(5) คำนวณหาประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ

การทดสอบฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อในการกำจัดเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

(1) การเพาะเลี้ยงเส้นใยของเชื้อราที่ stock ไว้จากผลการศึกษาก่อนหน้า ลงใน Tween 80% เขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยให้มีความเข้มข้นประมาณ 5.0×10^6 CFU/mL

(2) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose broth (PDB) 23 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อ และเติมน้ำยาฆ่าเชื้อที่คัดเลือก จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ โพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine), ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide), กรดอะซิติก (Acetic acid) และไอโซโพรพานอล (ISO - Propanol) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 4, 5, 7.5 และ 10 (v/v) ปริมาณ 2 มิลลิลิตร เขย่าเล็กน้อยเพื่อผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

(3) เติมเส้นใยของเชื้อราจากข้อ (1) ปริมาณ 50 ไมโครลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose broth (PDB) และผสมน้ำยาฆ่าเชื้อจากข้อ (2) ทุกความ

เข้มข้นที่เตรียม เขย่าเล็กน้อยเพื่อผสมเป็นเนื้อเดียวกัน บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน อ่านผลโดยดูค่าความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำยาฆ่าเชื้อที่เชื้อราไม่สามารถเจริญได้ (ลักษณะอาหารไม่ขุ่น) ถือเป็นค่า MIC (Minimum Inhibitory Concentration)

(4) การทดสอบหาค่า MFC (Minimum fungicidal concentration) เพื่อหาความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำยาฆ่าเชื้อในการกำจัดเชื้อรา โดยดูดอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose broth (PDB) ที่ผสมน้ำยาฆ่าเชื้อและเส้นใยของเชื้อราจากจานเพาะเชื้อที่เชื้อราไม่สามารถเจริญได้ของข้อ (3) ปริมาณ 100 ไมโครลิตร นำมา spread plate ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน บันทึกค่าความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำยาฆ่าเชื้อที่เชื้อราไม่สามารถเจริญบนอาหาร PDA ได้ ถือเป็นค่า MFC

เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องเก็บตัวอย่างจุลชีพในอากาศ (Microbiological air sampler) รุ่น Microflow Alfa 90 ยี่ห้อง AQUARIA
2. เครื่องวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม
3. จานเพาะเชื้อ (Petri dish) ขนาด 90 x 15 มิลลิเมตร
4. หลอดทดลองพร้อมฝาปิด
5. ไม้สวอป (Cotton swab)
6. Micropipette ขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
7. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 100, 250 และ 500 มิลลิลิตร
8. Template สำหรับสวอปพื้นที่ ขนาด 2 x 2 เซนติเมตร (4 ตารางเซนติเมตร)
9. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (Sodium Chloride) ความเข้มข้นร้อยละ 0.85
10. โพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine) ความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 4, 5, 7.5 และ 10 (v/v)
11. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) ความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 4, 5, 7.5 และ 10 (v/v)
12. กรดอะซิติก (Acetic acid) ความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 4, 5, 7.5 และ 10 (v/v)
13. ไอโซโพรพานอล (ISO - Propanol) ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 4, 5, 7.5 และ 10 (v/v)
14. Glass spreader
15. แผ่นสไลด์ และ Cover glass
16. Micropipette ขนาด 200, 500 และ 1,000 ไมโครลิตร พร้อมทิป (Tip)
17. แอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อ (Alcohol) ความเข้มข้นร้อยละ 70
18. ตู้บ่มเชื้อ (Incubator)
19. อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA)
20. อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose broth (PDB)
21. เครื่องเขย่า (Centrifuge)

22. กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน (Electron Microscope)
23. สีย้อมสไลด์เชื้อรา (Lactophenol Cotton Blue)
24. เข็มเขี่ยเชื้อชนิดที่เป็นห่วง (loop)
25. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 15 นาที
26. กระดาษกรอง What man เบอร์ 1
27. กรวยกรอง (Funnel)
28. Cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิลิตร
29. แท่งแก้วงอ
30. ตะเกียงแอลกอฮอล์
31. ถุงมือ
32. บีกเกอร์ ขนาด 50, 100 และ 250 มิลลิลิตร
33. เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ (Vernier caliper)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการศึกษาชนิด ปริมาณ และอัตราการสะสมของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ

ในการศึกษาชนิด ปริมาณ และอัตราการสะสมของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศนี้ ได้คัดเลือกพื้นที่ศึกษา คือ ห้อง E-Learning center ของอาคารสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ และโดยการเก็บตัวอย่างเชื้อราในอากาศ จำนวน 5 ตำแหน่งภายในห้อง ได้แก่ กลางห้องและมุมห้อง 4 ตำแหน่ง ซึ่งใช้เครื่องเก็บตัวอย่างจุลชีพในอากาศ ผ่านจานเพาะเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) ขนาด 90 x 15 มิลลิเมตร ความสูงที่ระดับหายใจ และการเก็บตัวอย่างบริเวณเครื่องปรับอากาศด้วยวิธีการป้ายเชื้อ (Swab) พื้นที่ 4 ตารางเซนติเมตร ทั้งนี้ ผลการปริมาณของเชื้อราในอากาศ วันแรกที่ทำการทดลอง (Day 0) พบว่า มีปริมาณเท่ากับ 2.59×10^2, 2.33×10^2, 3.13×10^2, 2.66×10^2 และ 2.92×10^2 CFU/m^3 ตามลำดับ คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.73×10^2 CFU/m^3 โดยอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ (5.00×10^2 CFU/m^3) และมีปริมาณเท่ากับ 3.80×10^2 CFU/m^3 ในเครื่องปรับอากาศ (ตารางที่ 4.1) ส่วนวันที่ 2 ของการศึกษา โดยงดกิจกรรมการทำความสะอาดภายในห้อง พบว่า ปริมาณของเชื้อราในอากาศ วันที่ 2 (Day 2) มีปริมาณเท่ากับ 4.48×10^2, 3.92×10^2, 4.34×10^2, 4.15×10^2 และ 4.08×10^2 CFU/m^3 ตามลำดับ คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.19×10^2 CFU/m^3 โดยยังอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ (5.00×10^2 CFU/m^3) เช่นกัน และมีปริมาณเท่ากับ 4.87×10^2 CFU/m^3 ในเครื่องปรับอากาศ (ตารางที่ 4.2) เมื่อคิดอัตราการสะสมของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ พบว่า มีค่าเท่ากับ 73.0 และ 53.5 CFU/day

สำหรับผลการประเมินชนิดของเชื้อราที่ปนเปื้อนในอากาศและเครื่องปรับอากาศ ของห้อง E-Learning center ของอาคารสำนักวิทยบริการฯ ด้วยวิธี Microscopic examination เพื่อดูลักษณะสัณฐานวิทยาและโครงสร้างของเชื้อราภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และการสกัดหาลำดับเบสดีเอ็นเอด้วยวิธี DNA sequencing (ตารางที่ 4.3) พบว่า มีเชื้อราจำนวนทั้งสิ้น 3 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus aculeatus* (CBS 172.66^T), *Pestalotiopsis theae* (CMU ELA1) *และ Aspergillus flavus* (CBS 100927^T)

ตารางที่ 4.1 ชนิดและปริมาณของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ ภายในห้อง E-Learning center ของอาคารสำนักวิทยบริการฯ (Day 0)

ลำดับ	จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (^{0}C)	ความชื้น (%RH)	ความเร็วลม (m/s)	อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ ($m^3/hr/m^2$)	เชื้อราที่พบ			
						ชนิดของรา	ปริมาณ (CFU/m^3)*	ปริมาณเฉลี่ย (CFU/m^3)	มาตรฐาน** (CFU/m^3)
1	กลางห้อง	25.7	62.3	0.2	2.3	*Aspergillus aculeatus*	2.40×10^2	2.73×10^2	500
						Pestalotiopsis theae	0.06×10^2		
						Aspergillus flavus	0.13×10^2		
						รวม	2.59×10^2		
2	มุมห้อง จุดที่ 1	25.6	59.5	0.1		*Aspergillus aculeatus*	2.13×10^2		
						Pestalotiopsis theae	0.20×10^2		
						รวม	2.33×10^2		
3	มุมห้อง จุดที่ 2	25.6	60.5	0.1		*Aspergillus aculeatus*	1.87×10^2		
						Aspergillus flavus	0.73×10^2		
						Pestalotiopsis theae	0.53×10^2		
						รวม	3.13×10^2		
4	มุมห้อง จุดที่ 3	25.4	61.8	0.1		*Pestalotiopsis theae*	1.60×10^2		
						Aspergillus aculeatus	0.73×10^2		
						Aspergillus flavus	0.33×10^2		
						รวม	2.66×10^2		
5	มุมห้อง จุดที่ 4	25.6	63.3	0.1		*Pestalotiopsis theae*	2.19×10^2		
						Aspergillus aculeatus	0.73×10^2		
						รวม	2.92×10^2		
6	เครื่องปรับอากาศ	25.1	65.6	5.2	-	*Aspergillus aculeatus*	2.03×10^2	3.80×10^2	-
						Pestalotiopsis theae	1.77×10^2		
						รวม	3.80×10^2		

หมายเหตุ : * CFU/m^3 = Colony-forming unit

** Recommended maximum concentrations for specific classes of contaminants (Total fungal counts), Guide lines for good indoor air quality in office premises, Singapore. (ภาคผนวก ก)

ตารางที่ 4.2 ชนิดและปริมาณของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ ภายในห้อง E-Learning center ของอาคารสำนักวิทยบริการฯ (Day 2)

ลำดับ	จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (^{0}C)	ความชื้น (%RH)	ความเร็วลม (m/s)	อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ ($m^3/hr/m^2$)	เชื้อราที่พบ			
						ชนิดของรา	ปริมาณ (CFU/m^3)	ปริมาณเฉลี่ย (CFU/m^3)	มาตรฐาน (CFU/m^3)
1	กลางห้อง	25.4	65.5	0.1	2.1	*Aspergillus aculeatus*	3.24×10^2	4.19×10^2	500
						Pestalotiopsis theae	1.24×10^2		
						รวม	4.48×10^2		
2	มุมห้อง จุดที่ 1	25.8	65.7	0.1		*Aspergillus aculeatus*	2.52×10^2		
						Pestalotiopsis theae	1.07×10^2		
						Aspergillus flavus	0.33×10^2		
						รวม	3.92×10^2		
3	มุมห้อง จุดที่ 2	25.5	67.2	0.1		*Aspergillus aculeatus*	3.06×10^2		
						Pestalotiopsis theae	1.13×10^2		
						Aspergillus flavus	0.15×10^2		
						รวม	$4,34 \times 10^2$		
4	มุมห้อง จุดที่ 3	25.7	68.1	0.1		*Aspergillus aculeatus*	3.62×10^2		
						Aspergillus flavus	0.53×10^2		
						รวม	4.15×10^2		
5	มุมห้อง จุดที่ 4	25.9	67.8	0.1		*Aspergillus aculeatus*	2.77×10^2		
						Pestalotiopsis theae	1.31×10^2		
						รวม	4.08×10^2		
6	เครื่องปรับอากาศ	25.1	69.3	5.0	-	*Aspergillus aculeatus*	2.67×10^2	4.87×10^2	-
						Pestalotiopsis theae	1.50×10^2		
						Aspergillus flavus	0.70×10^2		
						รวม	4.87×10^2		

หมายเหตุ : * CFU/m^3 = Colony-forming unit

** Recommended maximum concentrations for specific classes of contaminants (Total fungal counts), Guide lines for good indoor air quality in office premises, Singapore. (ภาคผนวก ก)

ตารางที่ 4.3 ผลการสกัดดีเอ็นเอด้วยวิธี DNA sequencing ของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ ภายในห้อง E-Learning center อาคารสำนักวิทยบริการฯ

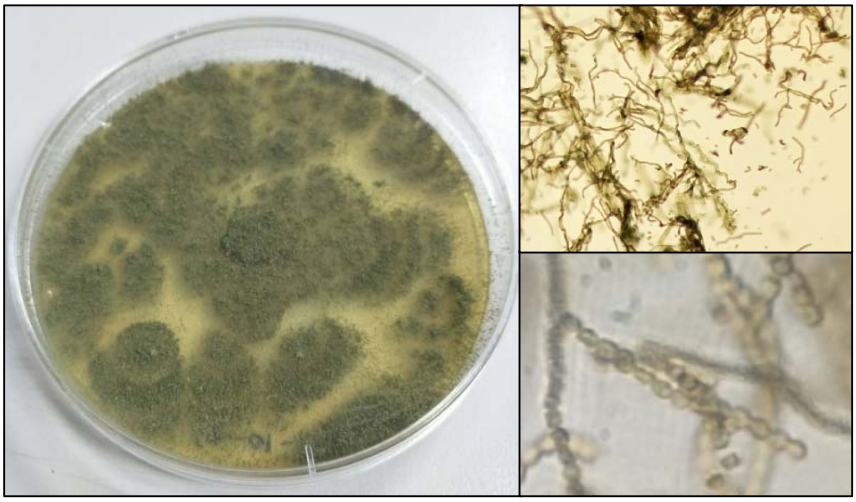
Strain	Closest species with GenBank Accession Number	Nucleotide identities in ITS region					Result of identification	Query (letters)	Length of closest species	Primer
		No. nucleotide identity/total nucleotide	% identity	No. Gap	Nucleotide substitution					
					No.	%				
1	*Aspergillus aculeatus* CBS 172.66^{T} (NR_111412)*	554/556	99.6	0	2	0.2	*Aspergillus aculeatus*	556	572	ITS1+ITS4
2	*Pestalotiopsis theae* CMU ELA1 (JX205216)**	504/508	99.2	2	2	0.4	*Pestalotiopsis theae*	507	584	ITS1+ITS4
3	*Aspergillus flavus* CBS 100927^{T} (KJ175414)***	531/532	99.8	1	0	0	*Aspergillus flavus*	575	546	ITS1+ITS4

หมายเหตุ : * ITS DNA Sequencing of *Aspergillus aculeatus* : CCTGCGGAAGGATCATTACCGAGTGCTGGGTCCTTCGGGGCCCAACCTCCCACCCGTGCTTACCGTACCCTGTTGCTTCGGCG GGCCCGCCTTCGGGCGGCCCGGGGCCTGCCCCCGGGACCGCGCCCGCCGGAGACCCCAATGGAACACTGTCTGAAAGCGTGCAGTCTGAGTCGATTGATACCAATCAGTCAAAACTTTCAACAA TGGATCTCTTGGTTCCGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAACTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAGTCTTTGAACGCACATTGCGCCCCCTGGTATTCCGGGGGGCA TGCCTGTCCGAGCGTCATTTCTCCCCTCCAGCCCCGCTGGTTGTTGGGCCGCGCCCCCCCGGGGGCGGGCCTCGAGAGAAACGGCGGCACCGTCCGGTCCTCGAGCGTATGGGGCTCTGTCACC CGCTCTATGGGCCCGGCCGGGGCTTGCCTCGACCCCCAATCTTCTCAGATTGACCTCGGATCAGGTAGGGATACCCGCTGAACTTAAGCATATCAATAAG

** ITS DNA Sequencing of *Pestalotiopsis theae* : TCTAACTCCCAACCCATGTGAACTTACCTTTTGTTGCCTCGGCAGAGGTTACCTGGTACCTGGAGACAGGTTACCCTGTAGCAG CTGCCGGTGGACTACTAAACTCTTGTTATTTTATGTAATCTGAGCGTCTTATTTTAATAAGTCAAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAA GTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCATTAGTATTCTAGTGGGCATGCCTGTTCGAGCGTCATTTCAACCCTTAAGCCTAGCTTAGTGTTGGGA ACTTACAGTAATGTAATTCCTGAAATACAACGGCGGATCTGTGGTATCCTCTGAGCGTAGTAAATTATTTCTCGCTTTTGTTAGGTGCTGCAGCTCCCAGCCGCTAAACCCCCAATTTTTTGTGGT TGACCTCGGATCAGGTAGGGAATACCCGCCTGAACTTAAGCATATC

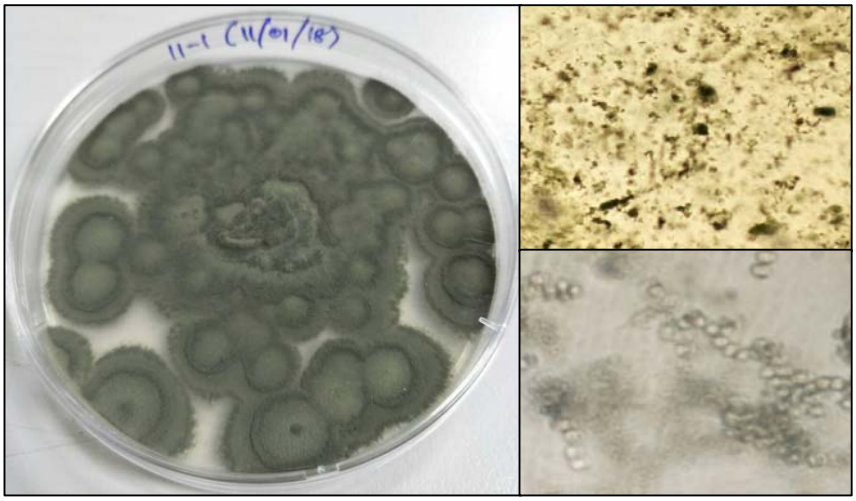
** ITS DNA Sequencing of *Pestalotiopsis theae* : ACTGCGGAAGGATCATTACCGAGTGTAGGGTTCCTAGCGAGCCCAACCTCCCACCCGTGTTTACTGTACCTTAGTTGCTTCGGCG GGCCCGCCATTCATGGCCGCCGGGGGGCTCTCAGCCCCGGGCCCGCGCCCGCCGGAGACACCACGAACTCTGTCTGATCTAGTGAAGTCTGAGTTGATTGTATCGCAATCAGTTAAAACTTTCAA CAATGGATCTCTTGGTTCCGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAACTAGTGTGAATTGCAGAATTCCGTGAATCATCGAGTCTTTGAACGCACATTGCGCCCCCTGGTATTCCGGGGGG GCATGCCTGTCCGAGCGTCATTGCTGCCCATCAAGCACGGCTTGTGTGTTGGGTCGTCGTCCCCTCTCCGGGGGGGGACGGGCCCCAAAGGCAGCGGCGGCACCGCGTCCGATCCTCGAGCGTAT GGGGCTTTGTCACCCGCTCTGTAGGCCCGGCCGGCGCTTGCCGAACGCAAATCAATCTTTTCCAGGTTGACCTCGGATCAGGTAGGGATACCCGCTGAACTTAAGCATATCAATAAG

ทั้งนี้ ในการศึกษาขั้นตอนต่อไป ได้แก่ การทดสอบฤทธิ์การต้านและประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ และการทดสอบฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อในการกำจัดเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ จะเป็นการศึกษาโดยใช้เชื้อรา 3 ชนิดที่ศึกษามาแล้วข้างต้น ได้แก่ *Aspergillus aculeatus*, *Pestalotiopsis theae* และ *Aspergillus flavus* (ภาพที่ 4.1 ถึง 4.3 ตามลำดับ)



ภาพที่ 4.1 เชื้อรา *Aspergillus aculeatus*

ภาพที่ 4.2 เชื้อรา *Pestalotiopsis theae*



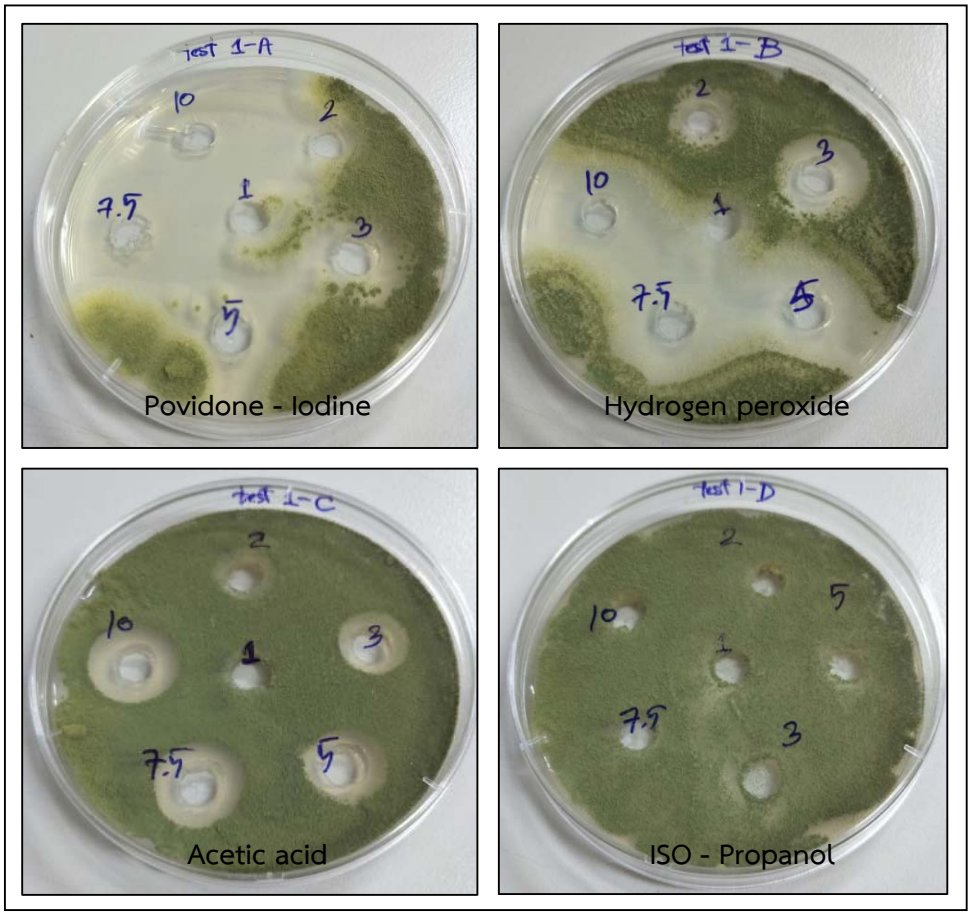
ภาพที่ 4.3 เชื้อรา *Aspergillus flavus*

ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านและประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ

1. ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ ของน้ำยาฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ

ในการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศนี้ ได้ทำการคัดเลือกน้ำยาฆ่าเชื้อ จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ 1) โพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine) 2) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) 3) กรดอะซิติก (Acetic acid) และ 4) ไอโซโพรพานอล (ISO - Propanol) จำนวน 6 ความเข้มข้น ได้แก่ ร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) นำมาทดสอบการต้านเชื้อรา 3 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus aculeatus*, *Pestalotiopsis theae และ Aspergillus flavus* เป็นเวลา 5 วัน ผลการทดสอบแยกตามชนิดของเชื้อรา (ตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.4) เป็นดังนี้

ฤทธิ์การต้านเชื้อรา *Aspergillus aculeatus* พบว่า 1) โพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.00, 1.62, 2.68, 5.57, 10.02 และ 23.13 มิลลิเมตร ตามลำดับ 2) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.00, 1.39, 3.42, 4.70, 7.51 และ 7.78 มิลลิเมตร ตามลำดับ 3) กรดอะซิติก (Acetic acid) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.00, 2.20, 3.40, 4.31, 4.81 และ 6.52 มิลลิเมตร ตามลำดับ และ 4) ไอโซโพรพานอล (ISO - Propanol) พบว่า ไม่มีฤทธิ์การต้านเชื้อราชนิดนี้ทุกระดับความเข้มข้น (0.00 มิลลิเมตร)



ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างผลการทดสอบฤทธิ์การต้านของเชื้อรา *Aspergillus aculeatus* ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 4 ชนิด 1) Povidone - Iodine) 2) Hydrogen peroxide 3) Acetic acid และ 4) ISO – Propanol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ฤทธิ์การต้านเชื้อรา *Pestalotiopsis theae* พบว่า 1) โพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.00, 0.00, 3.41, 3.82, 7.20 และ 9.42 มิลลิเมตร ตามลำดับ 2) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.15, 5.35, 13.31, 24.91, 42.13 และ 49.59 มิลลิเมตร ตามลำดับ 3) กรดอะซิติก (Acetic acid) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2.73, 4.84, 5.52, 5.66, 5.67 และ 10.20 มิลลิเมตร ตามลำดับ และ 4) ไอโซโพรพานอล (ISO - Propanol) พบว่า ไม่มีฤทธิ์การต้านเชื้อราชนิดนี้ทุกระดับความเข้มข้น (0.0 มิลลิเมตร)

ฤทธิ์การต้านเชื้อรา *Aspergillus flavus* พบว่า 1) โพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.00, 0.00, 0.00, 2.09, 4.82 และ 8.05 มิลลิเมตร ตามลำดับ 2) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen

peroxide) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.00, 0.00, 1.13, 1.47, 22.85 และ 28.83 มิลลิเมตร ตามลำดับ 3) กรดอะซิติก (Acetic acid) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.00, 1.60, 3.30, 4.53, 5.79 และ 9.73 มิลลิเมตร ตามลำดับ และ 4) ไอโซโพรพานอล (ISO - Propanol) พบว่า ไม่มีฤทธิ์การต้านเชื้อราชนิดนี้ทุกระดับความเข้มข้น (0.00 มิลลิเมตร)

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของฤทธิ์การต้านเชื้อรา *Aspergillus aculeatus*, *Pestalotiopsis theae และ Aspergillus flavus* ของน้ำยาฆ่าเชื้อ 4 ชนิด

น้ำยาฆ่าเชื้อ	ร้อยละความเข้มข้น (v/v)	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของฤทธิ์การยับยั้งเชื้อรา ± SD (มิลลิเมตร)		
		Aspergillus aculeatus	*Pestalotiopsis theae*	*Aspergillus flavus*
Povidone - Iodine	1	-	-	-
	2	1.62 ± 0.18	-	-
	3	2.68 ± 0.21	3.41 ± 0.43	-
	5	5.57 ± 0.58	3.82 ± 0.25	2.09 ± 0.12
	7.5	10.02 ± 1.03	7.20 ± 1.07	4.82 ± 0.33
	10	23.13 ± 2.30	9.42 ± 1.81	8.05 ± 0.21
Hydrogen peroxide	1	-	0.15 ± 0.02	-
	2	1.39 ± 0.21	5.35 ± 0.07	-
	3	3.42 ± 0.07	13.31 ± 0.34	1.13 ± 0.10
	5	4.70 ± 1.59	24.91 ± 1.11	1.47 ± 0.03
	7.5	7.51 ± 1.34	42.13 ± 0.51	22.85 ± 2.12
	10	7.78 ± 0.84	49.59 ± 1.56	28.83 ± 1.77
Acetic acid	1	-	2.73 ± 0.28	-
	2	2.20 ± 0.31	4.84 ± 0.14	1.60 ± 0.07
	3	3.40 ± 0.08	5.52 ± 0.38	3.30 ± 0.28
	5	4.31 ± 0.45	5.66 ± 0.21	4.53 ± 0.13
	7.5	4.81 ± 0.22	5.67 ± 0.47	5.79 ± 0.11
	10	6.52 ± 0.51	10.20 ± 0.53	9.73 ± 0.55
ISO - Propanol	1	-	-	-
	2	-	-	-
	3	-	-	-
	5	-	-	-
	7.5	-	-	-
	10	-	-	-

หมายเหตุ : - = No zone

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ

ในการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ ของน้ำยาฆ่าเชื้อ จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ 1) โพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine) 2) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) 3) กรดอะซิติก (Acetic acid) และ 4) ไอโซโพรพานอล (ISO - Propanol) จำนวน 6 ความเข้มข้น ได้แก่ ร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) นำมาทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา 3 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus aculeatus*, *Pestalotiopsis theae และ Aspergillus flavus* เป็นเวลา 5 วัน ผลการทดสอบแยกตามชนิดของเชื้อรา (ตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.5 ถึง 4.7) เป็นดังนี้

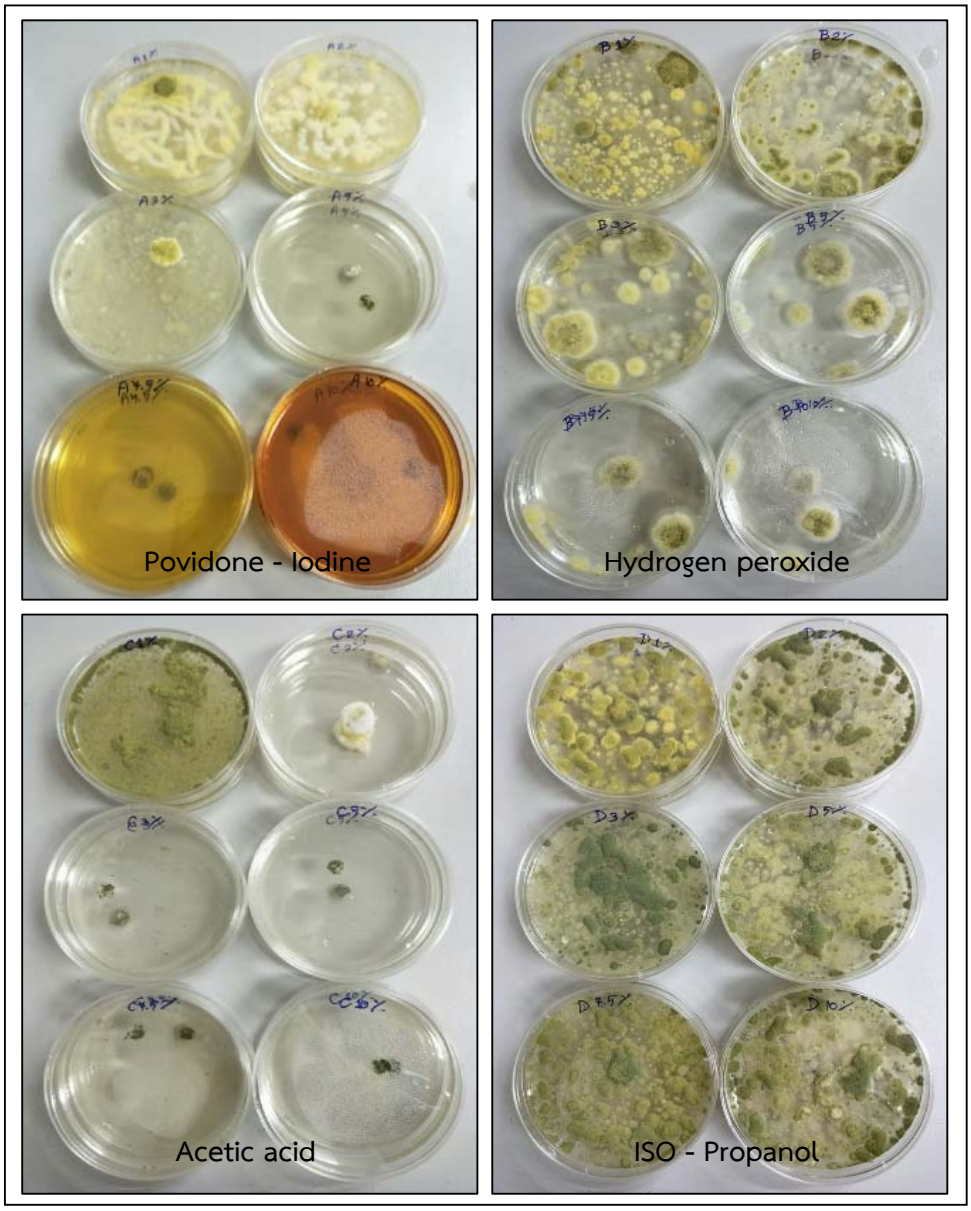
ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus aculeatus* พบว่า 1) โพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.00, 0.95, 23.68, 100.00, 100.00 และ 100.00 ตามลำดับ 2) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) มีค่าเท่ากับร้อยละ 27.44, 56.57, 85.50, 100.00, 100.00 และ 100.00 ตามลำดับ 3) กรดอะซิติก (Acetic acid) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.00, 82.58, 100.00, 100.00, 100.00 และ 100.00 ตามลำดับ และ 4) ไอโซโพรพานอล (ISO - Propanol) พบว่า ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตเชื้อราชนิดนี้ทุกระดับความเข้มข้นมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.00

ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pestalotiopsis theae* พบว่า 1) โพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.00, 33.73, 100.00, 100.00, 100.00 และ 100.00 ตามลำดับ 2) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) มีค่าเท่ากับร้อยละ 61.12, 99.78, 100.00, 100.00, 100.00 และ 100.00 ตามลำดับ 3) กรดอะซิติก (Acetic acid) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.00, 91.29, 100.00, 100.00, 100.00 และ 100.00 ตามลำดับ และ 4) ไอโซโพรพานอล (ISO - Propanol) พบว่า ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตเชื้อราชนิดนี้ทุกระดับความเข้มข้นมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.00

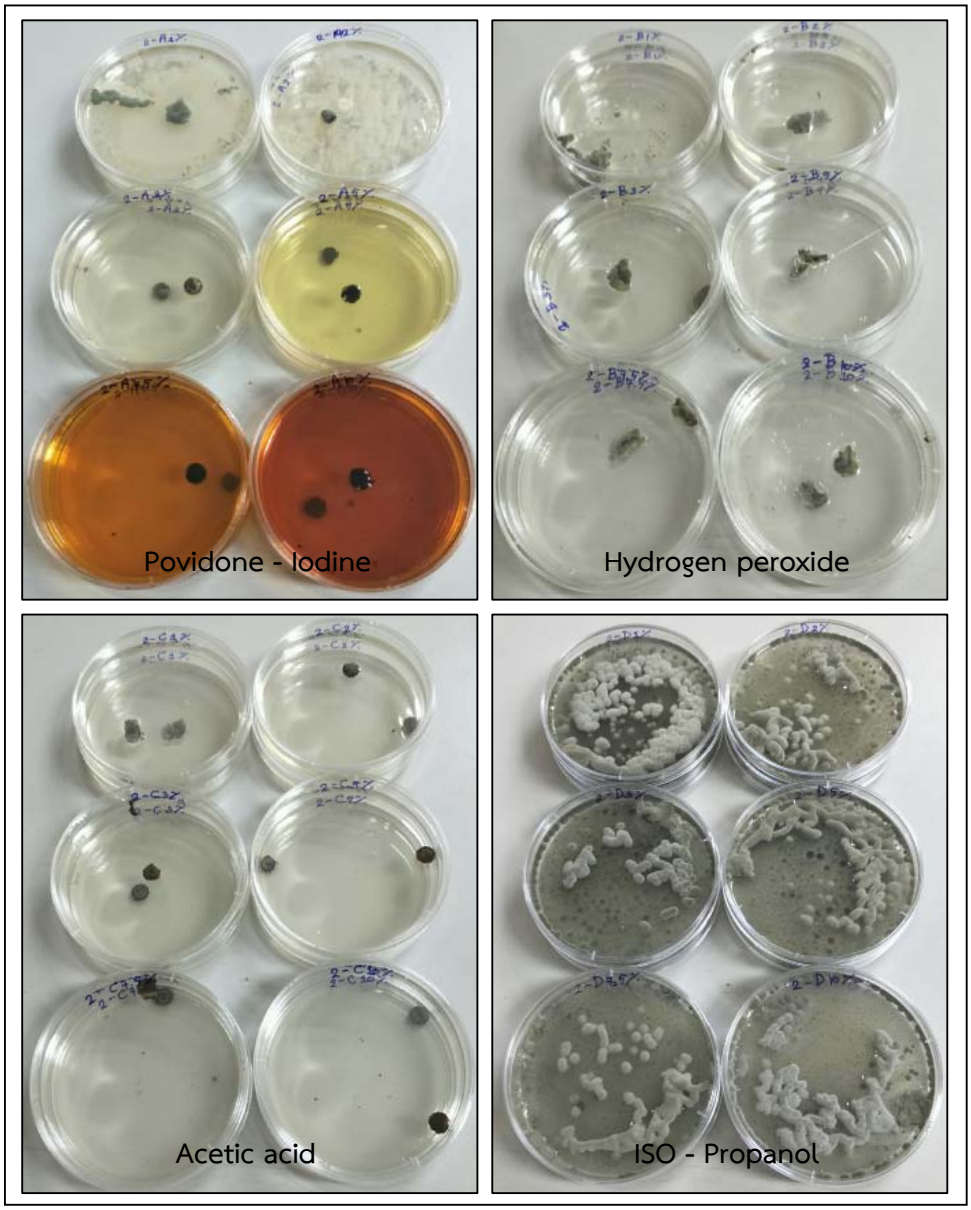
ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus flavus* พบว่า 1) โพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.00, 0.00, 93.02, 100.00, 100.00 และ 100.00 ตามลำดับ 2) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) มีค่าเท่ากับร้อยละ 73.37, 95.17, 100.00, 100.00, 100.00 และ 100.00 ตามลำดับ 3) กรดอะซิติก (Acetic acid) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) มีค่าเท่ากับร้อยละ 25.89, 100.00, 100.00, 100.00, 100.00 และ 100.00 ตามลำดับ และ 4) ไอโซโพรพานอล (ISO - Propanol) พบว่า ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตเชื้อราชนิดนี้ทุกระดับความเข้มข้น มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.00

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพของน้ำยาฆ่าเชื้อ 4 ชนิด ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus aculeatus*, *Pestalotiopsis theae และ Aspergillus flavus* เป็นเวลา 5 วัน

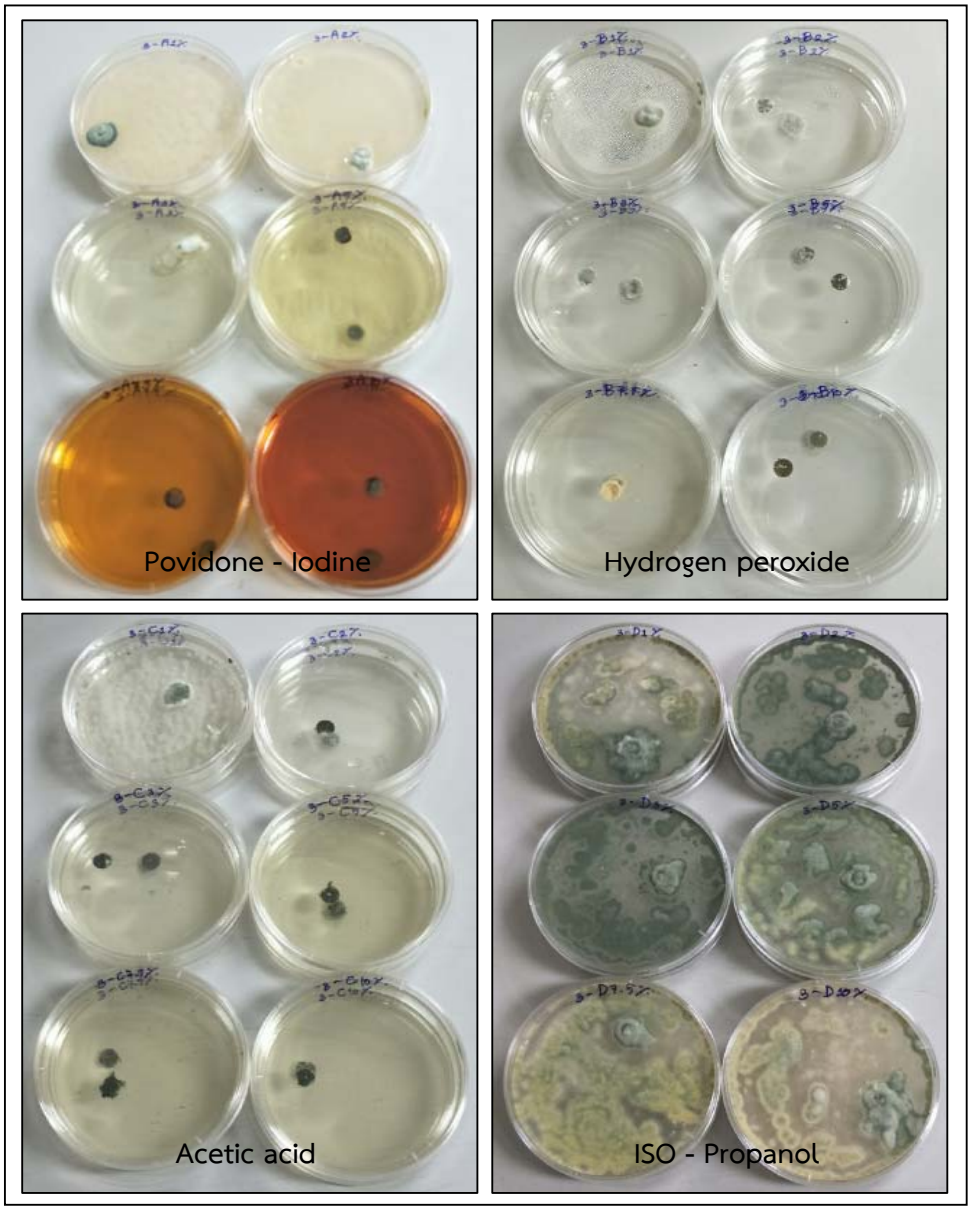
น้ำยาฆ่าเชื้อ	ร้อยละความเข้มข้น (v/v)	ประสิทธิภาพการยับยั้ง (ร้อยละ)		
		Aspergillus aculeatus	*Pestalotiopsis theae*	*Aspergillus flavus*
Povidone - Iodine	1	0.00	0.00	0.00
	2	0.95	33.73	0.00
	3	23.68	100.00	93.02
	5	100.00	100.00	100.00
	7.5	100.00	100.00	100.00
	10	100.00	100.00	100.00
Hydrogen peroxide	1	27.44	61.12	73.37
	2	56.57	99.78	95.17
	3	85.50	100.00	100.00
	5	100.00	100.00	100.00
	7.5	100.00	100.00	100.00
	10	100.00	100.00	100.00
Acetic acid	1	0.00	91.29	25.89
	2	82.58	100.00	100.00
	3	100.00	100.00	100.00
	5	100.00	100.00	100.00
	7.5	100.00	100.00	100.00
	10	100.00	100.00	100.00
ISO - Propanol	1	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00
	7.5	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	0.00	0.00



ภาพที่ 4.5 ผลทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus aculeatus* ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 4 ชนิด 1) Povidone - Iodine) 2) Hydrogen peroxide 3) Acetic acid และ 4) ISO - Propanol ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ



ภาพที่ 4.6 ผลทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pestalotiopsis theae* ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 4 ชนิด 1) Povidone - Iodine) 2) Hydrogen peroxide 3) Acetic acid และ 4) ISO - Propanol ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ



ภาพที่ 4.7 ผลทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus flavus* ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 4 ชนิด 1) Povidone - Iodine) 2) Hydrogen peroxide 3) Acetic acid และ 4) ISO - Propanol ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ผลการทดสอบฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อในการกำจัดเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ในการทดสอบฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อในการกำจัดเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศนี้ ได้ทำการทดสอบน้ำยาฆ่าเชื้อ จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ 1) โพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine) 2) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) และ 3) กรดอะซิติก (Acetic acid) โดยไม่ดำเนินการทดสอบกับไอโซโพรพานอล (ISO - Propanol) เนื่องจากพบว่า ไม่มีฤทธิ์การต้านและประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราที่ทำการทดสอบ ทั้งนี้ ได้ทำการแปรผันระดับความเข้มข้น จำนวน 7 ความเข้มข้น ได้แก่ ร้อยละ 1, 2, 3, 4, 5, 7.5 และ 10 (v/v) ต่อฤทธิ์ในการกำจัดเชื้อรา 3 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus aculeatus*, *Pestalotiopsis theae และ Aspergillus flavus* เป็นเวลา 5 วัน ทั้งนี้ ผลการทดสอบได้ใช้ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำยาฆ่าเชื้อที่เชื้อราไม่สามารถเจริญได้ (ลักษณะอาหารไม่ขุ่น) เป็นค่า MIC (Minimum Inhibitory Concentration) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำยาฆ่าเชื้อในการกำจัดเชื้อรา (เชื้อราไม่สามารถเจริญบนอาหาร PDA ได้) เป็นค่า MFC (Minimum fungicidal concentration) (ตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.8) เป็นดังนี้

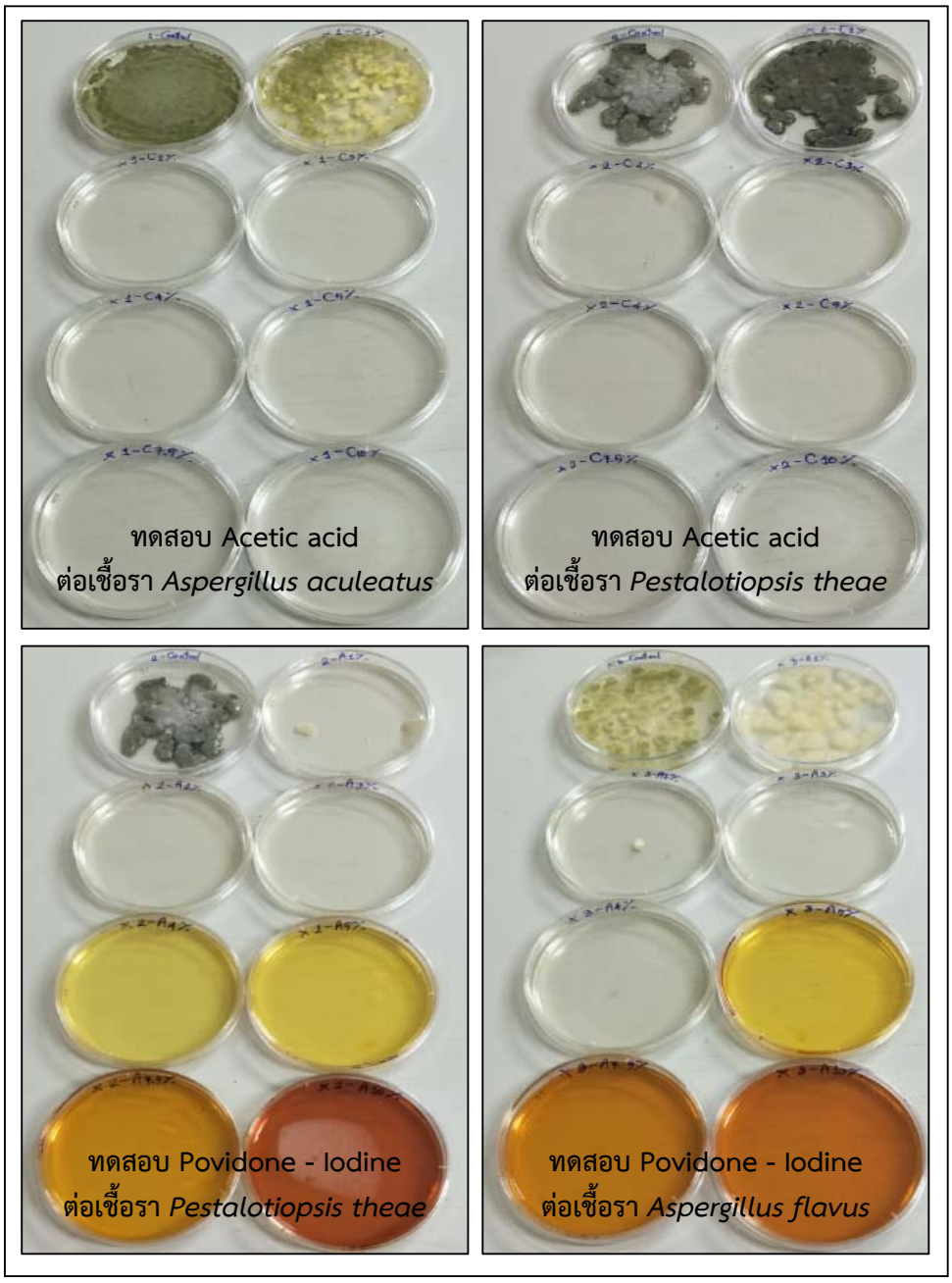
ตารางที่ 4.6 ค่า Minimum inhibitory concentration (MIC) และ Minimum fungicidal concentration (MFC) ของน้ำยาฆ่าเชื้อ 4 ชนิด ที่มีผลต่อเชื้อรา *Aspergillus aculeatus*, *Pestalotiopsis theae และ Aspergillus flavus*

น้ำยาฆ่าเชื้อ	ร้อยละความเข้มข้น (v/v)					
	Aspergillus aculeatus		*Pestalotiopsis theae*		*Aspergillus flavus*	
	MIC	MFC	MIC	MFC	MIC	MFC
Povidone - Iodine	2	2	2	2	3	3
Hydrogen peroxide	2	2	2	3	2	3
Acetic acid	2	7.5	2	2	2	7.5

ผลการทดสอบค่า MIC (Minimum Inhibitory Concentration) ของน้ำยาฆ่าเชื้อ 3 ชนิด ได้แก่ 1) โพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine) 2) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) และ 3) กรดอะซิติก (Acetic acid) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 4, 5, 7.5 และ 10 (v/v) ต่อเชื้อรา *Aspergillus aculeatus* พบว่า น้ำยาฆ่าเชื้อทั้ง 3 ชนิด มีค่า MIC เท่ากับ ร้อยละ 2 (v/v) ทั้งหมด ผลการทดสอบต่อเชื้อรา *Pestalotiopsis theae* พบว่า น้ำยาฆ่าเชื้อทั้ง 3 ชนิด มีค่า MIC เท่ากับ ร้อยละ 2 (v/v) ทั้งหมดเช่นกัน และผลการทดสอบต่อเชื้อรา *Aspergillus flavus* พบว่า มีค่า MIC เท่ากับ ร้อยละ 3, 2 และ 2 (v/v) ตามลำดับ

ส่วนผลการทดสอบค่า MFC (Minimum fungicidal concentration) ของน้ำยาฆ่าเชื้อ 3 ชนิด ได้แก่ 1) โพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine) 2) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) และ 3) กรดอะซิติก (Acetic acid) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 4, 5, 7.5 และ 10 (v/v) ต่อ

เชื้อรา *Aspergillus aculeatus* พบว่า น้ำยาฆ่าเชื้อทั้ง 3 ชนิด มีค่า MFC เท่ากับ ร้อยละ 2, 2 และ 7.5 (v/v) ตามลำดับ ผลการทดสอบต่อเชื้อรา *Pestalotiopsis theae* พบว่า น้ำยาฆ่าเชื้อทั้ง 3 ชนิด มีค่า MFC เท่ากับ ร้อยละ 2, 3 และ 2 (v/v) ตามลำดับ และผลการทดสอบต่อเชื้อรา *Aspergillus flavus* พบว่า มีค่า MFC เท่ากับ ร้อยละ 2, 3 และ 7.5 (v/v) ตามลำดับ



ภาพที่ 4.8 ตัวอย่างผลการทดสอบค่า Minimum inhibitory concentration (MIC) และ Minimum fungicidal concentration (MFC)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาชนิด ปริมาณ และอัตราการสะสมของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศภายในห้อง E-Learning center ของอาคารสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ ระหว่างวันแรกที่ทำการทดลอง (Day 0) และวันที่ 2 ของการศึกษา (Day 2) โดยงดกิจกรรมการทำความสะอาดภายในห้อง พบว่า มีปริมาณเชื้อราในอากาศ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.73×10^2 และ 4.19×10^2 CFU/m^3 ตามลำดับ โดยยังอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ (5.00×10^2 CFU/m^3) และมีปริมาณเชื้อราในเครื่องปรับอากาศ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80×10^2 และ 4.87×10^2 CFU/m^3 ตามลำดับ คิดเป็นอัตราการสะสมของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ พบว่า มีค่าเท่ากับ 73.0 และ 53.5 CFU/day ทั้งนี้ ผลจากการวิเคราะห์ชนิดของเชื้อรา พบว่า มีความหลากหลายของชนิดเชื้อราเหมือนกัน โดยพบเชื้อราจำนวนทั้งสิ้น 3 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus aculeatus* (CBS 172.66^T), *Pestalotiopsis theae* (CMU ELA1) *และ Aspergillus flavus* (CBS 100927^T) ซึ่งเชื้อราที่พบมากที่สุด คือ *Aspergillus* spp. รองลงมาคือ *Pestalotiopsis* spp.

2. ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านและประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ ของน้ำยาฆ่าเชื้อ จำนวน 4 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 5, 7.5 และ 10 (v/v) เป็นเวลา 5 วัน โดยพิจารณาความเข้มข้นต่ำที่สุดที่แสดงประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ทั้งหมด เท่ากับร้อยละ 100.00 (ตารางที่ 5.1) พบว่า กรดอะซิติก (Acetic acid) มีประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus aculeatus*, *Pestalotiopsis theae* และ *Aspergillus flavus* สูงที่สุด ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 3, 2 และ 2 (v/v) ตามลำดับ โดยมีฤทธิ์การต้านเชื้อราคิดเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 3.40, 4.84 และ 1.60 มิลลิเมตร ตามลำดับ รองลงมาคือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5, 3 และ 3 (v/v) ตามลำดับ มีฤทธิ์การต้านเชื้อราคิดเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 4.70, 13.31 และ 1.13 มิลลิเมตร ตามลำดับ และโพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5, 3 และ 5 (v/v) ตามลำดับ มีฤทธิ์การต้านเชื้อราคิดเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 5.57, 3.41 และ 2.09 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนผลการทดสอบน้ำยาฆ่าเชื้อชนิดไอโซโพรพานอล (ISO - Propanol) พบว่า ไม่มีฤทธิ์การต้านและประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ ทั้ง 3 ชนิดทุกระดับความเข้มข้น

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการทดสอบระดับความเข้มข้นต่ำที่สุดที่แสดงประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศได้ทั้งหมด (ร้อยละ 100.00) ของน้ำยาฆ่าเชื้อ 4 ชนิด

น้ำยาฆ่าเชื้อ	ผลการทดสอบ	ชนิดของเชื้อราที่ทดสอบ		
		Aspergillus aculeatus	*Pestalotiopsis theae*	*Aspergillus flavus*
Povidone - Iodine	ระดับความเข้มข้น (ร้อยละ, v/v)	5	3	5
	(เส้นผ่านศูนย์กลาง, มิลลิเมตร)	(5.57)	(3.41)	(2.09)
Hydrogen peroxide	ระดับความเข้มข้น (ร้อยละ, v/v)	5	3	3
	(เส้นผ่านศูนย์กลาง, มิลลิเมตร)	(4.70)	(13.31)	(1.13)
Acetic acid	ระดับความเข้มข้น (ร้อยละ, v/v)	3	2	2
	(เส้นผ่านศูนย์กลาง, มิลลิเมตร)	(3.40)	(4.84)	(1.60)
ISO - Propanol	ระดับความเข้มข้น (ร้อยละ, v/v)	-	-	-
	(เส้นผ่านศูนย์กลาง, มิลลิเมตร)	-	-	-

3. ผลการทดสอบฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อในการกำจัดเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศของน้ำยาฆ่าเชื้อ จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ โพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine), ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) และกรดอะซิติก (Acetic acid) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 4, 5, 7.5 และ 10 (v/v) เป็นเวลา 5 วัน ต่อเชื้อรา 3 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus aculeatus*, *Pestalotiopsis theae* และ *Aspergillus flavus* พบว่า ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) และกรดอะซิติก (Acetic acid) มีคุณสมบัติดีเท่ากัน โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำยาฆ่าเชื้อที่เชื้อราทั้ง 3 ชนิด ไม่สามารถเจริญได้ (Minimum Inhibitory Concentration, MIC) เท่ากับร้อยละ 2 (v/v) ทั้งหมด ส่วนโพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine) พบว่า ค่า MIC มีค่าเท่ากับร้อยละ 2, 2 และ 3 (v/v) ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่า MFC (Minimum fungicidal concentration) ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำยาฆ่าเชื้อในการกำจัดเชื้อรา (เชื้อราไม่สามารถเจริญบนอาหาร PDA ได้) พบว่า โพวิโดน - ไอโอดีน (Povidone - Iodine) มีคุณสมบัติในการกำจัดเชื้อราทั้ง 3 ชนิดดีที่สุด โดยมีค่า MFC เท่ากับร้อยละ 2, 2 และ 3 (v/v) ตามลำดับ รองลงมาคือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) มีค่า MFC เท่ากับร้อยละ 2, 3 และ 3 (v/v) ตามลำดับ ส่วนกรดอะซิติก (Acetic acid) พบว่ามีคุณสมบัติต่ำที่สุดในการกำจัดเชื้อรา โดยมีค่า MFC เท่ากับร้อยละ 7.5, 2 และ 7.5 (v/v) ตามลำดับ

อภิปรายผล

1. ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการสะสมปริมาณเชื้อราในอากาศภายในอาคารที่สำคัญ คือ เครื่องปรับอากาศ ซึ่งส่งผลต่อความชื้นในอากาศ โดยจากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศวันแรกที่ทำการทดลอง (Day 0) มีปริมาณอยู่ในช่วงร้อยละ 59.5 - 63.3 และวันที่ 2 ของการศึกษา (Day 2) โดยงดกิจกรรมการทำความสะอาดภายในห้อง มีปริมาณสูงขึ้นในช่วงร้อยละ 65.5 - 65.8 ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hamada Nobuo และ Fujita Tadao (2002) ที่พบว่า การใช้งานเครื่องปรับอากาศอย่างต่อเนื่องและเป็นระยะเวลานาน จะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณเชื้อราในอากาศ โดยห้องที่พบว่า มีปริมาณเชื้อราสูงเกินค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้นั้นจะมีความชื้นในปริมาณสูง ซึ่งอาจเกิดจากการสะสมของเชื้อราภายในห้องและความชื้นที่สูง นอกจากนี้ อุณหภูมิ ก็มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราในอากาศและสามารถสะสมในฝุ่นของเครื่องปรับอากาศได้ โดยพบว่าอุณหภูมิภายในอากาศและจากเครื่องปรับอากาศ อยู่ในช่วง 25 - 30 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราได้เป็นอย่างดี

2. ชนิดของเชื้อราที่ปนเปื้อนในอากาศภายในอาคาร พบว่า มีความสอดคล้องกับเชื้อราที่สะสมในเครื่องปรับอากาศภายในอาคารนั้น ๆ โดยพบว่ามีความหลากหลายของชนิดเชื้อราเหมือนกัน ซึ่งเชื้อราที่พบการปนเปื้อนและแพร่กระจายในอากาศภายในอาคารมากที่สุด คือ *Aspergillus* spp. รองลงมาคือ *Pestalotiopsis* spp. ซึ่งสอดคล้องกับ อรจิรา แสงเขิ่ง (2559) ที่พบว่าเชื้อราที่พบทั่วไปในอากาศและเครื่องปรับอากาศที่อาจเป็นที่มาของการปนเปื้อนเชื้อราในอาคาร คือ เชื้อรากลุ่ม *Aspergillus* และสอดคล้องกับ ศิริพร ศรีเทวิณ และกาญจนา นาถะพินธุ (2555) ที่ระบุว่าเชื้อราในสกุล *Aspergillus* นั้น พบได้ทั่วไปทุกแห่ง เช่น ในดิน น้ำ อากาศ หรือพืชพรรณ ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 5 ไมครอน สามารถปลิวตามลมได้ดี และเมื่อเข้าสู่ระบบหายใจจะสามารถผ่านทางเดินหายใจส่วนต้นเข้าไปถึงส่วนปลายของปอดได้

3. จากการศึกษาในครั้งนี้ จะเห็นได้ว่ากรดอะซิติก (Acetic acid) มีฤทธิ์การต้านและประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus aculeatus*, *Pestalotiopsis theae และ Aspergillus flavus* สูงที่สุด ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 3, 2 และ 2 (v/v) ตามลำดับ ในขณะที่ไอโซโพรพานอล (ISO - Propanol) ไม่มีฤทธิ์การต้านและประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา ซึ่งสอดคล้องกับ Senthaamarai Rogawansamy et.al (2015) ที่ทำการประเมินประสิทธิภาพของสารทำความสะอาดในเชิงพาณิชย์ ได้แก่ สารฆ่าเชื้อในอุตสาหกรรม 2 ชนิด คือ Cavicide® และ Virkon® รวมทั้งเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 70 น้ำส้มสายชู (ร้อยละ 4.0 - 4.2 ของ Acetic acid) และสารสกัดจากพืช คือ น้ำมันจากต้นชา (Melaleuca alternifolia oil) โดยการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อรา 2 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus fumigatus* และ *Penicillium chrysogenum* ซึ่งคัดเลือกจากการเก็บตัวอย่างในอากาศภายในอาคาร โดยพบว่า น้ำมันจากต้นชามีฤทธิ์การต้านเชื้อราที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ส่วนสารฆ่าเชื้อในอุตสาหกรรมทั้ง 2 ชนิดและน้ำส้มสายชู มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราเช่นกัน ในขณะที่เอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 70 ไม่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา แต่ยังคงพบว่า กรดอะซิติก (Acetic acid) ที่ระดับความเข้มข้น

ไม่เกินร้อยละ 7.5 (v/v) ยังไม่สามารถกำจัดสปอร์ของเชื้อรา โดยเฉพาะในกลุ่มของ *Aspergillus* spp. ได้แก่ *Aspergillus aculeatus และ Aspergillus flavus* ได้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ควรใช้ผลจากการวิจัยในครั้งนี้ เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเฝ้าระวัง และใช้เป็นแนวทางในการสร้างมาตรการต่าง ๆ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนและอัตราการสะสมของเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร
2. เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้น้ำยาฆ่าเชื้อ ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา และกำจัดเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ ในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำการศึกษาฤทธิ์ในการต้านและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา และการกำจัดเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศ โดยใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นธรรมชาติ เช่น สารสกัดจากพืชสมุนไพร หรือผลไม้ เป็นต้น
2. สามารถต่อยอดในการสร้างนวัตกรรมด้านการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์ปรับอากาศ ผลิตภัณฑ์เช็ดทำความสะอาด ที่มีคุณสมบัติเฉพาะในการกำจัดเชื้อราในอากาศและเครื่องปรับอากาศได้ในอนาคต

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาไทย

กิจจา จิตรภิรมย์, ปธานิน แสงอรุณ และ วรินธร คำพิลา. (2555). *การประเมินการปนเปื้อนเชื้อในอากาศภายในสถานบริการสปาในกรุงเทพมหานคร*. คณะสาธารณสุขศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ วิทยาลัยนครราชสีมา วิทยาเขตกรุงเทพฯ ดุสิต กรุงเทพฯ.

เด่นนภา รุ่งศิริ. (2550). *ความหลากหลายของจุลินทรีย์ในเครื่องปรับอากาศของมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา*. โปรแกรมวิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ.

สมรรถ ปรีกลาง, ชลิตา สุขวรรณ์, มนัสวี ทองศฤงคลี, ดวงพร พูลสุขสมบัติ, ชัยพฤกษ์ ปิลกศิริ และปรางฉาย เศรษฉันทร. (2555). *การสำรวจเชื้อแบคทีเรียและราในอากาศในห้องทำงานที่ใช้เครื่องปรับอากาศ ของกรมสรรพาวุธทหารบก*. รายงานประจำปี 2555 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์ทหาร.

ศิริพร ศรีเทวิณ และกาญจนา นาถะพินธุ. (2555). การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศในโรงพยาบาลที่แตกต่างกัน. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น (บศ.) 12 (1)*, ฉบับเดือนมกราคม - มีนาคม 2555.

ศรัญญู คำภาบุตร. (2552). *ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราระบายอากาศและปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในโรงพยาบาล*. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.

อรจีรา แสงเขิ่ง. (2559). *การศึกษาคุณภาพอากาศทางจุลชีววิทยาในอาคารคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร*. วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

ASHRAE Standard. (1989). *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. Addendum 62n to ANSI/ASHRAE STANDARD 62-2001.

Cetinkaya, Z., Fidan, F., Unlu, M., Hasenekoglu, I., Tetik, L. & Demirel, R. (2005). *Assessment of Indoor Air Fungi in Western-Anatolia, Turkey*. Asian Pacific Journal of Gallery and Immunology (2005) 23: 87-92.

Domsch, K.H., Gams, W. & Anderson, T. H. (1993). *Compendium of soil fungi*. Vol. 1. 2nd. Academic Press, London.

Dubey, S., Lanjewar, S., Sahu, M., Pandey, K. & Kutti, U. (2011). *The Monitoring of Filamentous Fungi in the Indoor, Air Quality and Health*. Journal of Phytology vol. 3, No. 4, pp. 13-14.

Eduard, W. (2009). *Fungal spores: A critical review of the toxicological and epidemiological evidence as a basis for occupational exposure limit setting*. Critical Reviews in Toxicology, 39.

Fröhlich-Nowoisky, J.; Pickersgill, D. A.; Després, V. R. & Pöschl, U. (2009). *High diversity of fungi in air particulate matter*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 106.

Guidelines for Good Indoor Air Quality in Office Premises. (1996). *Institute of Environmental Epidemiology Ministry of the Environment*. Singapore. (1st edition).

Hamada, N. & Fujita, T. (2002). *Effect of air-conditioner on fungal contamination*. Osaka City Institute of Public Health & Environmental Sciences, 8-34 Tojo-cho, Tennoji, Osaka 543-0026, Japan Received 7 December 2001, received in revised form 19 June 2002, accepted 26 June 2002.

Khan, A.A.H. & Karuppayil, S.M. (2010). *Potential natural disinfectants for indoor environments*. International Journal of Clinical Aromatherapy, 7 (2010), pp. 1-5.

Lee, S. H., Lee, H. J., Kim, S. J., Lee, H. M., Kang, H. & Kim, Y. P. (2010). *Identification of airborne bacterial and fungal community structures in an urban area by T-RFLP analysis and quantitative real-time PCR*. Science of the Total Environment, 1349-1357.

New York City Department of Health and Mental Hygiene. (2009). *Guidelines on Assessment and Remediation of Fungi in Indoor Environments November 2008*. Available from: www.nyc.gov/health.

Petrescu, C., Suciu, O., Lonovici R., Herbarth, O., Franck U. & Schlink U. (2011). *Respiratory Health Effect of Air Pollution and Climate Parameters in the Population of Drobeta Turnu-Severin*, Romania.

Raper, K. B. & Fennell, D. J. (1965). *The genus Aspergillus*. The Williums and Wikins Company. Baltimone.

Rogawansamy, S., Gaskin, S., Taylor, M. & Pisaniello, D. (2015). *An Evaluation of Antifungal Agents for the Treatment of Fungal Contamination in Indoor Air Environments*. Int J Environ Res Public Health. Jun; 12(6): 6319- 6332. Published online 2015 Jun 2.

Sautour, M., Sixt, N., Dalle, F., L'Ollivier, C., Fourquenet, V., Calinon, C., Paul, K., Valvin, S., Maurel, A., Aho, S., Couillault, G., Cachia, C., Vagner, O., Cuisenier, B., Caillot, D. & Bonnin, A. (2009). *Profiles and seasonal distribution of airborne fungi in indoor and outdoor environments at a French hospital*. Science of the Total Environment, 3766-3771.

Sutton, B. C. (1980). *The Coelomycetes fungi imperfecti with pynidia acervuli and stroma*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England.

Theodore, J.P. (2011). *Sick-building syndrome and building-related illness - New and Emerging athogens, art 6. Medical Laboratory Observer*. Available source: http://findarticles.com/p/articles/mi_m3230/is_n7_v28/ai_18581094/.Mar.25.2011.

Yassin M. F. & Almougatea, S. (2010). *Assessment of airborne bacteria and fungi in an indoor and outdoor environment*. Int. J. Environ. Sci. Tech., 7 (3), 535-544, Summer 2010, ISSN: 1735-1472.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

Guide lines for good indoor air quality in office premises

Recommended maximum concentrations for specific classes of contaminants

(Total fungal counts), Singapore (1996)

GUIDELINES FOR GOOD INDOOR AIR QUALITY IN OFFICE PREMISES

First edition, October 1996

Institute of Environmental Epidemiology
Ministry of the Environment
40 Scotts Road #22-00
Singapore 228231
Tel:(65)7319754 Fax:(65)7348287
E-mail:envqe@cs.gov.sg

No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the Institute of Environmental Epidemiology, Ministry of the Environment.

CONTENTS

Introduction 5

Members of the Technical Advisory Committee on Indoor Air Quality 6

PART I: PRELIMINARY 7

1. Purpose 9
2. Scope and application 9
3. Glossary 10

PART II: IDENTIFYING INDOOR AIR QUALITY PROBLEMS 13

4. Assessment of indoor air quality problems 15
5. Indoor air quality and health 15
6. Action plan to achieve good indoor air quality 16

PART III: IMPROVING INDOOR AIR QUALITY 19

7. Design 21
8. Construction 22
9. Commissioning and operation 23
10. Renovation 24
11. Maintenance 25
12. Quality control 27

APPENDICES 29

A. Some common indoor air contaminants 31
B. Sample checklist for building inspection 32
C. Sample confidential questionnaire for building occupants 35
D. Outdoor air quality standards 38
E. Indoor air quality guidelines 40
F. References 44

INDOOR AIR QUALITY GUIDELINES

1 Assessment of indoor air quality parameters

(a) Sample position

The sampling probe should be located between 75 and 120 cm from the floor at the centre of the room or an occupied zone.

(b) Number of sampling points

Indoor
At least one sample should be taken from each floor or from each area serviced by a separate air handling unit. For large floor spaces, the guidelines for the minimum required number of sampling points are as follows:

Area of building (m^2)	Minimum number of sampling points
3,000 - <5,000	8
5,000 - <10,000	12
10,000 - <15,000	15
15,000 - <20,000	18
20,000 - <30,000	21
30,000 or more	25

Outdoor
At least two samples should be taken at the entrance to the building or at the entrance of the fresh air intake.

2 Guideline maximum concentrations for specific indoor air contaminants

Parameter	Averaging time	Limit for acceptable indoor air quality	Unit
Carbon dioxide	8 hours	1800 1000	mg/m^3 ppm
Carbon monoxide	8 hours	10 9	mg/m^3 ppm
Formaldehyde	8 hours	120 0.1	$\mu g/m^3$ ppm
Ozone	8 hours	100 0.05	$\mu g/m^3$ ppm

Note
The guidelines specified have a wide margin of safety such that even if they are exceeded occasionally, toxic effects are unlikely to occur.

3 Recommended maximum concentrations for specific classes of contaminants

Parameter	Limit for acceptable indoor air quality	Unit
Suspended particulate matter*	150	$\mu g/m^3$
Volatile organic compounds**	3	ppm
Total bacterial counts	500	CFU***/m^3
Total fungal counts	500	CFU/m^3

*respirable particles with aerodynamic diameters less than 10 μm sampled with a size selective device (commonly used devices; cyclones and impactors) having a median cut size of 4 μm and the following penetration characteristics:

Particle aerodynamic diameter, μm	Respirable particulate mass, %
0	100
1	97
2	91
3	74
4	50
5	30
6	17
7	9
8	5
10	1

**total photoionisable compounds, reference to toluene

ประวัติผู้วิจัย

1. หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นาย รุ่งเกียรติ ยิ่งเจริญรุ่งโรจน์

(ภาษาอังกฤษ) Mr. Rungkiat Yingcharoenrungroj

วัน/เดือน/ปีเกิด 21 สิงหาคม 2522

ตำแหน่งปัจจุบัน

- นักวิจัย หัวหน้าส่วนงานห้องปฏิบัติการ และหัวหน้างานสอบเทียบ ประจำศูนย์สิ่งแวดล้อม

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

- ศูนย์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
  228-228/1-3 ถนนสิรินธร แขวงบางพลัด เขตบางพลัด กรุงเทพฯ 10700
  โทรศัพท์: 02- 423-9407-12 โทรสาร: 02-423-9409
  E-mail: rungkiaty@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2545 วท.บ. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สถาบันราชภัฏสวนดุสิต
- พ.ศ. 2548 ส.บ. (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
- พ.ศ. 2551 วศ.ม. (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม การประเมินความเสี่ยง และการประเมินสุขภาพ
- การวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม (น้ำ, อากาศ, เสียงและความสั่นสะเทือน, จุลชีววิทยา)
- การตรวจติดตามคุณภาพสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025**:** 2005
- การสอบเทียบเครื่องมือวัด (สาขาเคมีและปริมาตร)
- การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

<u>หัวหน้าโครงการวิจัย</u> :

ปี	หัวข้องานวิจัย	แหล่งทุน
2554	ศักยภาพของแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ในเขตอุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2557	การประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรบนพื้นที่สูงของชุมชนชาวกะเหรี่ยง หมู่บ้านตะเพินคี่ จังหวัดสุพรรณบุรี	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2559	การปนเปื้อนและการแพร่กระจายของเชื้อราในอากาศภายในอาคารสำนักงานและสถานที่ให้บริการด้านการศึกษา	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

<u>ผู้ร่วมวิจัย</u> :

ปี	หัวข้องานวิจัย	แหล่งทุน
2545	การสร้างจิตสำนึกและศึกษาประสิทธิภาพในการใช้ถังดักไขมันตาม โครงการนำร่องการติดตั้งถังดักไขมันแผงขายอาหารริมบาทวิถี โดยรอบธนาคารศรีนคร สำนักงานเขตป้อมปราบศัตรูพ่าย	สำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ
2546	สถานภาพการจัดการสิ่งแวดล้อมของเทศบาลเมืองบางบัวทอง	สำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ
2547	การศึกษาแนวทางการแก้ไขและฟื้นฟูปัญหาน้ำเสียและมูลฝอยบริเวณคลองวัดน้อยและคลองวัดโพธินิมิตร 5 ในเขตธนบุรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
2548	การศึกษาพฤติกรรมการมีส่วนร่วมในการส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมชุมชนของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร	อนุกรรมาธิการการมีส่วนร่วมด้านเศรษฐกิจ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม วุฒิสภา
2549	การศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีบางประการในแหล่งน้ำของ จังหวัดนนทบุรี	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2549	การศึกษาพฤติกรรมการมีส่วนร่วมในการส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมชุมชนของประชาชนในจังหวัดนนทบุรี	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2550	การพัฒนาองค์ความรู้เพื่อบริหารจัดการทรัพยากรในพื้นที่ส่วนขยายของเมือง จังหวัดนนทบุรี	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2550	การศึกษาคุณภาพน้ำและแนวทางการจัดการน้ำอย่างยั่งยืน จังหวัดนนทบุรี	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2551	แนวทางการมีส่วนร่วมและการประยุกต์ใช้แบบจำลองในการจัดการสิ่งแวดล้อม จังหวัดนนทบุรี	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2551	การเผยแพร่การศึกษาคุณภาพน้ำและแนวทางการจัดการน้ำอย่างยั่งยืน จังหวัดนนทบุรี	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2551	การเผยแพร่แนวทางการมีส่วนร่วมและการประยุกต์ใช้แบบจำลองในการจัดการสิ่งแวดล้อม จังหวัดนนทบุรี	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2551	มลพิษทางเสียงและสมรรถภาพการได้ยินของประชาชนและผู้ปฏิบัติงานที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางเสียงบริเวณริมทางจราจรในเขตกรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
2552	การศึกษาคุณลักษณะของกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียและปรับปรุงปริมาณโพแทสเซียม และสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อผลิตปุ๋ย สูตรเร่งผลระยะที่ 2	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2552	การศึกษาคุณลักษณะ การใช้ประโยชน์และการบำบัดน้ำทิ้งอย่างยั่งยืนในโรงงานอุตสาหกรรมต้นแบบ กรณีศึกษาโรงงานบีสไพพ์ ฟิตติ้งอินดัสตรี จำกัด จังหวัดสมุทรสาคร	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2. ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาว พรธิดา เทพประสิทธิ์

(ภาษาอังกฤษ) Miss Bhorntida Thepprasit

วัน/เดือน/ปีเกิด 14 มีนาคม 2521

ตำแหน่งปัจจุบัน

- นักวิจัย, ผู้อำนวยการศูนย์สิ่งแวดล้อม

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

- ศูนย์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
  228-228/1-3 ถนนสิรินธร แขวงบางพลัด เขตบางพลัด กรุงเทพฯ 10700
  โทรศัพท์: 02- 423-9407-12 โทรสาร: 02-423-9409
  E-mail: ptd_t@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2544 วท.บ. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สถาบันราชภัฏสวนดุสิต
- พ.ศ. 2550 ส.บ. (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
- พ.ศ. 2552 วท.ม. (พลังงานทดแทน) มหาวิทยาลัยนเรศวร

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- การตรวจติดตามและวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม
- การตรวจติดตามคุณภาพสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025**:** 2005
- การจัดการและอนุรักษ์พลังงาน
- การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

<u>หัวหน้าโครงการวิจัย</u> :

ปี	หัวข้องานวิจัย	แหล่งทุน
2554	การประเมินศักยภาพการผลิตไบโอดีเซลด้วยไขมันและน้ำมัน จากการผลิต และการบริการอาหาร ในร้านอาหารเขตบางพลัด กรุงเทพมหานคร	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2555	การศึกษาศักยภาพและความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ในเขตอุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2557	การบริหารจัดการพัฒนาพื้นที่ต้นน้ำแบบบูรณาการ กรณีศึกษา การสร้างแบบจำลองฝายต้นน้ำร่วมกับการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

3. ผู้ร่วมวิจัย (นักวิจัยรุ่นใหม่)

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาว พรรณทิพา กิจภักดีกุล

(ภาษาอังกฤษ) Miss Pantipa Kitpakdeekul

วัน/เดือน/ปีเกิด 2 มีนาคม 2522

ตำแหน่งปัจจุบัน

- นักวิจัยผู้ช่วย, หัวหน้าฝ่ายห้องปฏิบัติการ และหัวหน้างานอากาศ ประจำศูนย์สิ่งแวดล้อม

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

- ศูนย์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
  228-228/1-3 ถนนสิรินธร แขวงบางพลัด เขตบางพลัด กรุงเทพฯ 10700
  โทรศัพท์: 02- 423-9407-12 โทรสาร: 02-423-9409
  E-mail: pantipa_46@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2544 วท.บ. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สถาบันราชภัฏสวนดุสิต
- พ.ศ. 2551 ส.บ. (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- การวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม (วิเคราะห์น้ำ, อากาศ)
- การตรวจติดตามคุณภาพสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025**:** 2005
- การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม
- การประเมินความเสี่ยง (Risk assessment)
- การใช้เครื่องมือวิเคราะห์ขั้นสูง เช่น Atomic Absorption Spectrophotometer เป็นต้น

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

<u>ผู้ร่วมวิจัย</u> :

ปี	หัวข้องานวิจัย	แหล่งทุน
2554	ศักยภาพของแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ในเขตอุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2557	การประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรบนพื้นที่สูงของชุมชนชาวกะเหรี่ยงหมู่บ้านตะเพินคี่ จังหวัดสุพรรณบุรี	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2559	การปนเปื้อนและการแพร่กระจายของเชื้อราในอากาศ ภายในอาคารสำนักงานและสถานที่ให้บริการด้านการศึกษา	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

4. ผู้ร่วมวิจัย (นักวิจัยรุ่นใหม่)

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาว วรรณา แสนใจกล้า

(ภาษาอังกฤษ) Miss Wanna Saenjaikla

วัน/เดือน/ปีเกิด 26 เมษายน 2525

ตำแหน่งปัจจุบัน

- นักวิจัยผู้ช่วย, หัวหน้าส่วนงานการตลาด และนักวิทยาศาสตร์เทคนิค ประจำศูนย์สิ่งแวดล้อม

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

- ศูนย์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
  228-228/1-3 ถนนสิรินธร แขวงบางพลัด เขตบางพลัด กรุงเทพฯ 10700
  โทรศัพท์: 02- 423-9407-12 โทรสาร: 02-423-9409
  E-mail: wanna_05@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2549 วท.บ. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สถาบันราชภัฏสวนดุสิต
- พ.ศ. 2552 ส.บ. (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- การวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม (วิเคราะห์น้ำ, ดิน, จุลชีววิทยา)
- การตรวจติดตามคุณภาพสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005
- การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

<u>ผู้ร่วมวิจัย</u> :

ปี	หัวข้องานวิจัย	แหล่งทุน
2555	พฤติกรรมของเกษตรกรในการใช้สารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพดินและน้ำของชุมชนโดยรอบอุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2559	การปนเปื้อนและการแพร่กระจายของเชื้อราในอากาศ ภายในอาคารสำนักงานและสถานที่ให้บริการด้านการศึกษา	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

5. ผู้ร่วมวิจัย (นักวิจัยรุ่นใหม่)

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาว สาวิตรี ม่วงศรี

(ภาษาอังกฤษ) Miss Savitree Muangsri

วัน/เดือน/ปีเกิด 3 สิงหาคม 2532

ตำแหน่งปัจจุบัน

- นักวิจัยผู้ช่วย และนักวิทยาศาสตร์เทคนิค ประจำศูนย์สิ่งแวดล้อม

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

- ศูนย์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
  228-228/1-3 ถนนสิรินธร แขวงบางพลัด เขตบางพลัด กรุงเทพฯ 10700
  โทรศัพท์: 02- 423-9407-12 โทรสาร: 02-423-9409
  E-mail: Savitree982@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2554 วท.บ. (การจัดการสิ่งแวดล้อมเมืองและอุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- การวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม (วิเคราะห์น้ำ, จุลชีววิทยา)