การศึกษาคุณภาพอากาศทางจุลชีววิทยาบริเวณอาคารคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Microbiological indoor air quality in Science Faculty building, King Mongkut's institute of technology Ladkrabang

นางสาวฉัตราภรณ์ ยอดตระกูลชัย

นางสาวนันทัชพร สร้อยนาค

นางสาวอัญชญา คุ้มเขว้า

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาตรบัณฑิต

สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROBIOLOGICAL INDOOR AIR QUALITY IN SCIENCE FACULTY BUILDING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

CHATTRAPORN YODTRAKOOLCHAI

NANTATCHAPORN SOINAK

ANCHAYA KOOMKAOW

SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

INDUSTRAIL MICROBIOLOGY

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การศึกษาคุณภาพอากาศทางจุลชีววิทยาบริเวณอาคารคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Microbiological indoor air quality in Science Faculty building, King Mongkut's institute of technology Ladkrabang

นักศึกษา นางสาวฉัตราภรณ์ ยอดตระกูลชัย
นางสาวนันทัชพร สร้อยนาค
นางสาวอัญชญา คุ้มเขว้า

ปริญญา วิทยาศาตรบัณฑิต

สาขา สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.มงคล เพ็ญสายใจ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาตรบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม ประจำปีการศึกษา 2555

คณะกรรมการ	ลายมือชื่อ
รศ.ดวงใจ โอชัยกุล	
ผศ.ลินจง สุขลำภู	
ผศ.มงคล เพ็ญสายใจ	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การศึกษาคุณภาพอากาศทางจุลชีววิทยาบริเวณอาคารคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
นักศึกษา	นางสาวฉัตราภรณ์ ยอดตระกูลชัย
	นางสาวนันทัชพร สร้อยนาค
	นางสาวอัญชญา คุ้มเขว้า
ปริญญา	วิทยาศาตรบัณฑิต
ปีการศึกษา	2555
สาขา	สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.มงคล เพ็ญสายใจ

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ได้ศึกษาถึงคุณภาพอากาศทางจุลชีววิทยาบริเวณอาคารคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศภายในอาคารวิทยาศาสตร์ อาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1 อาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 2 และอาคารปฏิบัติการหลังใหม่ ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ MicroBio MB1 Air Sampler ด้วยอัตราการไหล 1 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที ซึ่งใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ malt extract agar (MEA) ในการเพาะเลี้ยงเชื้อรา และอาหารเลี้ยงเชื้อtryptic soy agar (TSA) ทำการเก็บตัวอย่างอากาศครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2555 ครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 23 มกราคม พ.ศ. 2556 ซึ่งคำนวณปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ออกมาในหน่วย colony – forming unit per cubic meter of air หรือ CFU/m^3 ในการเก็บตัวอย่างอากาศครั้งแรก พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดของเชื้อแบคทีเรียภายในอากาศในอาคารวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 94.6 CFU/m^3 และพบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดของเชื้อราภายในอากาศในอาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1 มีค่าเท่ากับ 89.67 CFU/m^3ในการเก็บตัวอย่างอากาศครั้งที่สอง พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดของเชื้อแบคทีเรียภายในอากาศในอาคารวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 34.6 CFU/m^3และพบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดของเชื้อราภายในอากาศในอาคารวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 118.6 CFU/m^3 และสามารถจำแนกเชื้อราได้ทั้งหมด11ไอโซเลท แบ่งเป็นสกุลได้ 5 สกุล คือ *Aspergillus, Curvularia, Fusarium, Penicillium,* และ*Rhizopus*พบว่าปริมาณเชื้อรา *Aspergillus* พบมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55.77 ในขณะที่เชื้อรา *Fusarium* sp. พบน้อยที่สุดในอาคารคิดเป็นร้อยละ 6.73

คำสำคัญ : คุณภาพอากาศภายในอาคาร, เชื้อรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Microbiological indoor air quality in Science Faculty building, King Mongkut's institute of technology Ladkrabang	
Students	Chatraporn	Yodtrakoolchai
	Nantatchaporn	Soinak
	Anchaya	Koomkaow
Degree	Bachelor of Science	
Major Program	Industrial Microbiology	
Academic Year	2012	
Advisor	Asst. Prof. Mongkol Phensaijai	

ABSTRACT

This study examined microbiological indoor air quality in Science Faculty building, King Mongkut's institute of technology Ladkrabang. Air Sampling location were Science building, Chulapornwalailuk 1 building, Chulapornwalailuk 2 building and new laboratory building by using MicroBio MB1 Air Sampler at an inflow rate of 1 l/min for 2 min and impacted onto malt extract agar (MEA) plate as a medium for fungal growth and onto tryptic soy agar (TSA) plate as a medium for bacterial growth. First air sampling was done on 14 November 2012 and second air sampling was done on 23January 2013. The number of colonies formed on the surface of the agar was counted and converted to colony – forming unit per cubic meter of air (CFU/m^3). For the first air sampling, the highest mean of concentrations of airborne bacteria were found in Science laboratory building(94.6 CFU/m^3) and the highest mean of concentrations of airborne fungi were found in Chulapornwalailuk 1 building (89.67 CFU/m^3). For the second time air sampling, the highest mean of concentrations of airborne bacteria were found in Science building (34.6 CFU/m^3) and the highest mean of concentrations of airborne fungi were found in Science building (118.6 CFU/m^3). 11 isolates of fungi were identified to the genus *Aspergillus, Curvularia, Fusarium, Penicillium and Rhizopus* . The most isolated and dominant fungi were from genus *Aspergillus*(55.77%) while *Fusarium*(6.73 %) was the least fungal colony found in the building.

Keywords : Indoor air quality, Fungi

เอกสารนี้มีไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.มงคล เพ็ญสายใจ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความรู้ ตลอดการทำโครงงานพิเศษนี้ ขอขอบพระคุณ รศ.ดวงใจ โอชัยกุล ประธานกรรมการการสอบ และ ผศ.ลินจง สุขลำภู กรรมการการสอบ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. นวลพรรณ ณ.ระนอง อาจารย์ประจำสาขาวิชาชีววิทยาประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร สุรีย์ นานาสมบัติ อาจารย์ประจำสาขาวิชาชีววิทยาประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่อนุเคราะห์เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศMicroBio MB1 Air Samplerในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ขอบพระคุณอาจารย์ พี่นักวิทยาศาสตร์ และเพื่อน ที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือสนับสนุนมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวของพวกข้าพเจ้าอย่างสูง ที่ให้โอกาสทางการศึกษาอันมีค่ายิ่ง ให้กำลังใจและให้คำปรึกษาแนะนำ

ฉัตราภรณ์ ยอดตระกูลชัย
นันทัชพร สร้อยนาค
อัญชญา คุ้มเขว้า

พฤษภาคม 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
สัญลักษณ์และคำย่อ	X
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**3**
2.1 แบคทีเรีย (Bacteria)	3
2.2 รา (Fungi)	4
2.3 จุลินทรีย์ในอากาศ	12
2.4 การแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ	13
2.5 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการสะสมของจุลินทรีย์ในอากาศ	13
2.6 การรับเชื้อจุลินทรีย์จากอากาศภายนอก	14
2.7 การปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากผู้ใช้อาคารและการรับเชื้อจุลินทรีย์จากภายนอกอาคาร	16
2.8 ผลกระทบของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ	17
2.9 มาตรฐานเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ	18
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	**23**
3.1 สารเคมี อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา	23
3.2 การเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์	24
3.3 การแยกเชื้อรา	25
3.4 การตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา	27
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	28
4.1 ผลการศึกษาการแพร่กระจายเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคารคณะวิทยาศาสตร์	28
4.2 ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานทางวิทยา	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ **51**
5.1 สรุปผลการวิจัย 51
5.2 ข้อเสนอแนะ 52
เอกสารอ้างอิง **53**
ภาคผนวก ก. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ **55**
ภาคผนวก ก.-1 สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ 56
ภาคผนวก ข. การตรวจวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ **57**
ภาคผนวก ข.-1 การแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี Cross streak 58
ภาคผนวก ข.-2 การทำ Slide culture 59
ภาคผนวก ข.-3 การวัดขนาดสปอร์ 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	จุลชีพหรือสารทางชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับมลพิษในอาคาร	12
3.1	แสดงสถานที่และบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่าง	24
4.1	แสดงชนิดเชื้อราแต่ละไอโซเลทที่พบในอาคารต่างๆ	36
4.2	แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิที่วัดได้ ณ อาคารที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ ครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2555	37
4.3	แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิที่วัดได้ ณ อาคารที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ ครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 23 มกราคม พ.ศ. 2556	37
4.4	แสดงลักษณะของเชื้อราและสกุลของเชื้อราที่พบจากการสังเกตดูด้วยตาเปล่า และจากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงลักษณะเส้นใยของเชื้อรา	5
2.2	แสดงขนาดของเชื้อแบคทีเรียในอากาศ	6
2.3	แสดงลักษณะของเชื้อรา*Aspergillus* sp.	8
2.4	แสดงลักษณะของเชื้อรา*Curvularia* sp.	8
2.5	แสดงลักษณะของเชื้อรา*Fusarium* sp.	9
2.6	แสดงลักษณะของเชื้อรา*Penicillium* sp.	10
2.7	แสดงลักษณะของเชื้อรา*Rhizopus* sp.	11
2.8	แสดงวิธีการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดจากมนุษย์	15
2.9	แสดงการหายใจรับเชื้อจุลินทรีย์เข้าไปในปอด	18
3.1	แสดงเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศMicroBio MB1 Air Sampler	25
3.2	แสดงอุปกณ์ที่ใช้ในการแยกเชื้อรา	26
	A : ตะเกียงแอลกอฮอล์ cork borer และเข็มเขี่ยเชื้อ	26
	B : ลักษณะการเจาะcork borer ลงบนเชื้อรา	26
	C : ลักษณะเชื้อราที่บริสุทธิ์	26
3.3	แสดงกล้องจุลทรรศน์และเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา	27
4.1	แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและราในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 1 ภายในอาคารปฏิบัติการ 5 ชั้น	28
4.2	แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและราในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 2 ภายในอาคารปฏิบัติการ 5 ชั้น	29
4.3	แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและราในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 1 ภายในอาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1	30
4.4	แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและราในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 2 ภายในอาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1	31
4.5	แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและราในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 1 ภายในอาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 2	32
4.6	แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและราในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 2 ภายในอาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 2	33
4.7	แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและราในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 1 ภายในอาคารปฏิบัติการหลังใหม่	34
4.8	แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและราในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 2 ภายในอาคารปฏิบัติการหลังใหม่	35
4.9	แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อรา*Penicillium* sp. อายุ 4 วัน บนอาหาร MEA ที่อุณหภูมิห้อง	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.10	แสดงลักษณะเชื้อรา*Penicillium* sp. จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า	38
4.11	แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อ*Aspergillus* sp. strain I อายุ 4 วัน บนอาหาร MEA ที่อุณหภูมิห้อง	39
4.12	แสดงลักษณะเชื้อรา*Aspergillus* sp. strain I จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า	39
4.13	แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อรา*Curvularia* sp. strain I อายุ 4 วัน บนอาหาร MEA ที่อุณหภูมิห้อง	40
4.14	แสดงลักษณะเชื้อรา*Curvularia* sp. strain I จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า	40
4.15	แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อ*Rhizopus* sp. อายุ 4 วัน บนอาหาร MEA ที่อุณหภูมิห้อง	41
4.16	แสดงลักษณะเชื้อรา*Rhizopus* sp. จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า	41
4.17	แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อรา*Aspergillus niger* อายุ 4 วัน บนอาหาร MEA ที่อุณหภูมิห้อง	42
4.18	แสดงลักษณะเชื้อรา*Aspergillus niger* จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า	42
4.19	แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อรา*Aspergillus* sp. strain II อายุ 4 วัน บนอาหาร MEA ที่อุณหภูมิห้อง	43
4.20	แสดงลักษณะเชื้อรา*Aspergillus* sp. strain II จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า	43
4.21	แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อรา*Aspergillus* sp. strain III อายุ 4 วัน บนอาหาร MEA ที่อุณหภูมิห้อง	44
4.22	แสดงลักษณะเชื้อรา*Aspergillus* sp. strain III จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า	44
4.23	แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อรา*Aspergillus* sp. strain IV อายุ 4 วัน บนอาหาร MEA ที่อุณหภูมิห้อง	45
4.24	แสดงลักษณะเชื้อรา*Aspergillus* sp. strain IV จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า	45
4.25	แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อรา*Aspergillus* sp. strain V อายุ 4 วัน บนอาหาร MEA ที่อุณหภูมิห้อง	46
4.26	แสดงลักษณะเชื้อรา*Aspergillus* sp. strain V จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.27 แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อรา*Fusarium* sp.
อายุ 4 วัน บนอาหาร MEA ที่อุณหภูมิห้อง 47

4.28 แสดงลักษณะเชื้อรา*Fusarium* sp.
จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า 47

4.29 แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อรา*Curvularia* sp. strain II
อายุ 4 วัน บนอาหาร MEA ที่อุณหภูมิห้อง 48

4.30 แสดงลักษณะเชื้อรา*Curvularia* sp. strain II
จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์และคำย่อ

คำย่อ	ความหมาย
CFU	Colony Forming Unit
µm	ไมโครเมตร
µg	ไมโครกรัม
mm	มิลลิเมตร
^{0}C	องศาเซลเซียส
g	กรัม
ml	มิลลิลิตร
RH	ความชื้น
MEA	Malt Extract Agar
TSA	Tryptic Soy Agar
PDA	Potato Dextrose Agar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

จากการวิจัยพบว่าส่วนใหญ่คนเราจะใช้เวลาร้อยละ 90 อยู่ภายในอาคารและหายใจเอาอากาศเข้าไปประมาณ 35 แกลลอนต่อวัน เพราะว่าอากาศที่เราใช้หายใจโดยส่วนใหญ่แล้วจะมาจากภายในอาคารปิดไว้ ซึ่งทำได้โดยการวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร (indoor air quality) คุณภาพอากาศภายในอาคาร คือสภาพของอากาศในบริเวณหนึ่งๆภายในอาคารหรือที่พักอาศัยโดยสภาพอากาศที่ดีพิจารณาได้จากความสุขสบายของคนในการอยู่บริเวณนั้นๆนั่นคืออุณหภูมิของอากาศความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วของลมของอากาศบริเวณนั้นๆที่ยอมรับได้การหายใจของคนเป็นไปได้อย่างสะดวกสบายซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณที่คนอาศัยอยู่ รวมถึงความเข้มข้นของก๊าซไออนุภาคของสิ่งสกปรกและสารกัมมันตภาพรังสี เพราะฉะนั้นคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดีจึงมีความจำเป็นและสำคัญต่อสุขภาพมนุษย์เป็นอย่างมาก

Lee and Chang (1999) ได้ระบุรายการอนุภาคสสารที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมโครเมตรได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2), อุณหภูมิ, ความชื้น, คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), แบคทีเรีย ,ฟอร์มาลดีไฮด์ (HCHO), ไนตริกออกไซด์ (NO) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เป็นมลพิษทางอากาศและใช้เป็นพารามิเตอร์ในการศึกษาคุณภาพอากาศ ในสถานที่ต่างๆ อย่างเช่นที่มหาวิทยาลัยโดยปกติแล้วนักศึกษาและอาจารย์จะอยู่ภายในอาคารหรือห้องเรียนที่มีการเรียนการสอนและได้ทำการปิดไว้ ทำให้อากาศถ่ายเทไม่สะดวก จึงอาจเกิดการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งจะส่งผลเสียต่อสุขภาพได้ เพราะอากาศมีสิ่งสกปรก สิ่งระคายเคือง เชื้อโรค ก๊าซและสารพิษปนเปื้อนในระดับที่ก่อให้เกิดการเจ็บป่วยขึ้น เช่น อาการภูมิแพ้ ปวดหัว ผื่นคัน หอบหืด เป็นต้น(ทวี, 2544) ดั้งนั้นจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการศึกษาและตรวจสอบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคารเรียน เพื่อหาแนวทางในการป้องกันและแก้ไขปัญหาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1.2.1 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์ที่จับอยู่กับอนุภาคขนาดต่างๆในอากาศภายในอาคาร

1.2.2 เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ

1.2.3 เพื่อการประเมินความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้อาคารโดยเฉพาะอย่างยิ่ง คณาจารย์ บุคลากร และนักศึกษาภายในสถาบัน

1.3 ขอบเขตโครงงานพิเศษ

1.3.1 ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคารเรียนคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.3.2 จำแนกชนิดของเชื้อราเบื้องต้นโดยศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาเปรียบเทียบกับคู่มือในการจัดจำแนกเชื้อรา

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์

1.4.2 สามารถประเมินได้ว่าภายในอาคารเรียนที่ยังเปิดใช้อยู่ในปัจจุบันนี้ มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือมีเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แบคทีเรีย (Bacteria)

แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ไม่มีนิวเคลียส มีขนาดเล็กประมาณ 0.5 ถึง 5.0 ไมครอน สามารถเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม โดยทั่วไปมี 3 แบบด้วยกัน คือ ทรงกลม (sphere) เรียกว่า ค็อกคัส (coccus) หรือ ค็อกไค (cocci) ทรงกระบอกหรือรูปท่อน (rod) เรียกว่า บาซิลลัส (bacillus) หรือ บาซิลไล (bacilli) และรูปเกลียว (spiral) ที่เรียกว่า สไปริลลัม (spirillum) หรือสไปริลไล (spirilli) เซลล์เหล่านี้มีการจัดเรียงตัวที่แตกต่างกัน การที่แบคทีเรียมีรูปร่างแตกต่างกันเป็นการปรับตัวให้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่ดีขึ้น แบคทีเรียบางชนิดสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในสภาวะไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตได้โดยการสร้างเอนโดสปอร์ซึ่งเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงเอนโดสปอร์จะถูกห่อหุ้มด้วยผนังหนาหลายชั้นซึ่งทนทานต่อ ความร้อน ความแห้งแล้ง และสารเคมีได้ หน้าที่ของเอนโดสปอร์ทำให้แบคทีเรียทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้นานๆ บางทีเป็นหลายปี แบคทีเรียบางชนิดเป็นอาหารที่มีโปรตีนสูง มีรายงานว่าสามารถใช้เลี้ยงสัตว์ได้แบคทีเรียบางชนิดช่วยกำจัดน้ำเสียให้เป็นน้ำดียาปฏิชีวนะบางอย่างผลิตจากผลพลอยได้ของแบคทีเรียอย่างไรก็ตามแบคทีเรียบางประเภทที่เป็นอันตรายและก่อให้เกิดโรคติดเชื้อ เช่น โรคซิฟิลิส โรคแอนแทรกซ์ รวมทั้งโรคติดเชื้อในทางเดินหายใจ โดยเฉพาะโรควัณโรคที่คร่าชีวิตคนมากกว่าสองล้านคนต่อปี โดยทั่วไปแล้วการเกิดโรคจากเชื้อจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับปัจจัย 6 ประการ (Kowalski and Bahnfleth, 1998) ดังนี้

1. สภาวะคุ้มกันของแต่ละบุคคล
2. ระยะเวลาในการได้รับหรือสัมผัสกับเชื้อจุลินทรีย์
3. ปริมาณและความเข้มข้นของเชื้อที่ได้รับ
4. ความรุนแรงของเชื้อ
5. อัตราการหายใจ
6. ช่องทางการได้รับเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำแนกกลุ่มของเชื้อแบคทีเรียสามารถแบ่งออกเป็น3 กลุ่ม (Kowalski and Bahnfleth, 1998) ตามความสามรถในการติดต่อโรคคือเชื้อแบคทีเรียที่ติดต่อจากคนสู่คนทางระบบทางเดินหายใจ (Communicable respiratory pathogens)

1. เชื่อแบคทีเรียที่ฉวยโอกาสเมื่อสภาพร่างกายอ่อนแอ ซึ่งปกติแล้วถ้าร่างกายแข็งแรงจะไม่เกิดการติดต่อ (Primary nosocomial)
2. เชื้อแบคทีเรียที่ไม่ติดต่อจากคนสู่คนทางระบบทางเดินหายใจ (Non-communicable)

2.2 รา (Fungi)

เชื้อราเป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ไม่มีคลอโรฟิลล์จึงไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ ดำรงชีวิตด้วยการย่อยและดูดซึมสารอาหารจากการย่อยสลายซากพืชและสัตว์โดยทั่วไปใช้อากาศในการเจริญเติบโตเชื้อราส่วนมากจะเติบโตและขยายพันธุ์ได้ดีในอาคารที่มีความชื้นสูงอุณหภูมิระหว่าง25 - 30องศาเซลเซียสเชื้อราประกอบไปด้วยเซลล์หลายเซลล์ขยายพันธุ์ด้วยสปอร์ที่สามารถแพร่กระจายไปได้ด้วยการพัดพาของอากาศ ดังนั้นสปอร์จึงเป็นตัวสำคัญในการแพร่กระจายและพบว่าเชื้อราสามารถทนอยู่ในสิ่งแวดล้อมในสภาพที่ไม่เหมาะสมได้นานเชื้อราสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายทางเช่นทางการแพทย์ คือ การผลิตยาปฏิชีวนะ ทางอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมอาหารหมัก หรือนำมาเลี้ยงเพื่อผลิตเป็นเอนไซม์ใช้ในการผลิตเบียร์การทำลูกกวาด นอกจากนี้ยังใช้ผลิตกรดซิตริกหรือกรดน้ำส้ม ซึ่งเป็นสารเคมีที่ใช้ในวงการแพทย์และเครื่องปรุงอาหาร รวมทั้งมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมน้ำหมึก สีย้อมและการทำแม่พิมพ์แม้ว่าเชื้อราจะมีประโยชน์มาก แต่ก็สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ เช่นปฏิกิริยาความไวรับผิดปกติ (โรคภูมิแพ้) ซึ่งอาการโรคภูมิแพ้ (Lacey and Crook ,1988) ลักษณะของการติดเชื้อในคนสามารถแยกออกได้เป็น 3 ลักษณะคือ

1. การติดเชื้อที่เกี่ยวกับระบบทั้งหมดของร่างกาย
2. การติดเชื้อแบบฉวยโอกาส
3. การติดเชื้อแบบเฉพาะส่วน

2.2.1 ลักษณะพื้นฐานของราโดยทั่วไปมีดังนี้

2.2.1.1 เซลเป็นแบบ Eukaryotic cell (มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส) ในหนึ่งเซลล์อาจมีมากกว่าหนึ่งนิวเคลียส

2.2.1.2 ราสร้างอาหารเองไม่ได้ (heterotrop) ไม่มีคลอโรฟิลล์ต้องได้รับพลังงานและสารอาหารจากแหล่งอาหารอื่น ด้วยการออกซิไดซ์อินทรีย์ ดูดซับสารจากสิ่งแวดล้อมหรือเป็นผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์ หรือเป็นปรสิต หรือ Symbionts

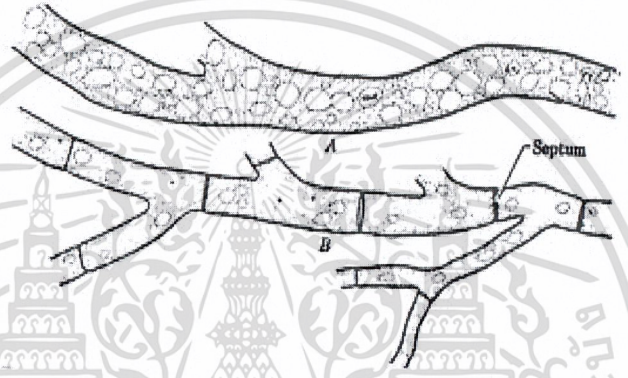
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.3 ผนังเซลประกอบด้วย เซลลูโลส (Cellulose) (พบเฉพาะใน Zygomycota) หรือ เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) หรือ ไคติน (Chitin)

2.2.1.4 รามีลักษณะเป็นเส้นใย หรือไฮฟา (hypha) เส้นใยของรา มีหน้าที่ยึดติดกับอาหาร และ สืบพันธุ์ รวมทั้งสร้างอวัยวะสืบพันธุ์คือสปอร์ (spore) เส้นใยของเชื้อราแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

2.2.1.1.1 เส้นใยแบบไม่มีผนังกั้น (non septate hypha) ซึ่ง มีลักษณะเป็นท่อภายในมีนิวเคลียส และไซโตปลาสซึมกระจายอยู่ทั่วไป

2.2.1.1.2 เส้นใยแบบมีผนังกั้น (septate hyphae) ภายในเส้นใยมีผนังกั้น

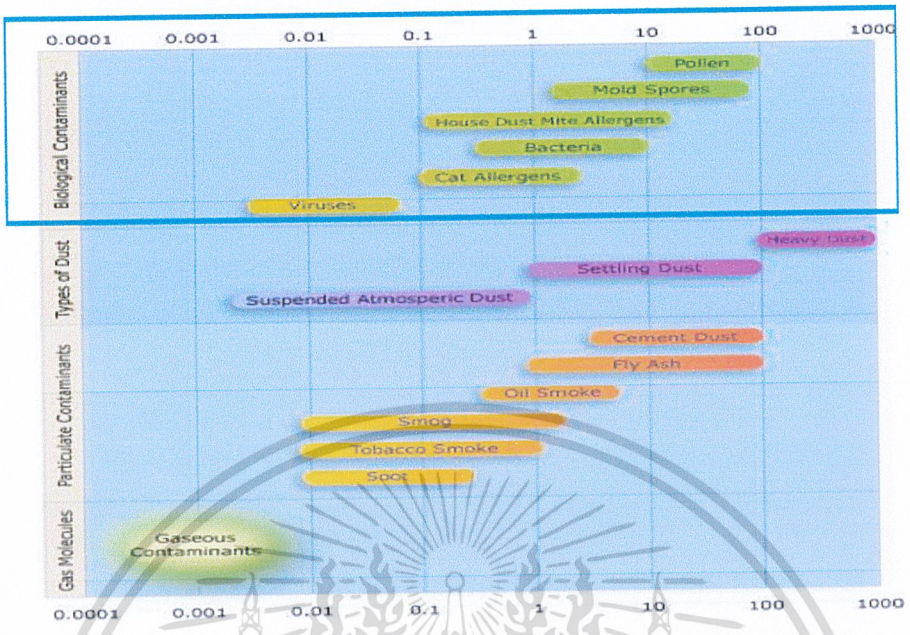


รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะเส้นใยของเชื้อรา

การปนเปื้อนเชื้อราในอาคารนั้นมาจากสปอร์ของเชื้อรา แบคทีเรีย ไวรัส หรือชิ้นส่วนต่างๆ ของพืชและสัตว์(Jones and Harrison, 2004) สปอร์ของเชื้อราสามารถแพร่กระจายได้ทั้งกลางแจ้งและในอาคารต่างๆ ซึ่งจะเกิดจากแหล่งธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นซากปรักหักพังต่างๆ หรือในดิน (Domsch *et al*., 1980)

จุลินทรีย์ในอากาศนั้นสามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อทั้งจากเชื้อที่สามารถติดต่อจากคนสู่คนทางระบบทางเดินหายใจ (communicable respiratory pathogens) และเชื้อฉวยโอกาสที่ปกติ จะไม่ติดต่อเว้นแต่บุคคลจะอยู่ในสภาพที่อ่อนแอ (primary nosocomial) จุลินทรีย์ที่ลอยอยู่ในอากาศจะมีขนาดที่แตกต่างกันตามชนิด คือเชื้อไวรัสจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.003 ไมโครเมตร เชื้อแบคทีเรียมีขนาด 0.5–200 ไมโครเมตร และเชื้อรามีขนาด 2-200 ไมโครเมตร จุลินทรีย์เหล่านี้เมื่อลอยอยู่ในอากาศสามารถที่จะยึดเกาะอยู่กับฝุ่นและถูกหายใจนำเข้าสู่ร่างกายตามระบบทางเดินหายใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงขนาดของเชื้อแบคทีเรียในอากาศ

จุลินทรีย์ที่พบในอากาศกลางแจ้ง (Outdoor) พบว่าส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียและเชื้อรา อากาศบนบกพบแบคทีเรียกลุ่มแกรมบวก ท่อนสร้างสปอร์ หรือไม่ก็เป็นพวกรูปร่างกลม ขณะที่อากาศเหนือทะเล แบคทีเรียที่พบเป็นกลุ่มแกรมลบเป็นส่วนใหญ่ การแพร่ของเชื้อราในอากาศจะอยู่ในรูปของสปอร์ ชนิดของจุลินทรีย์ และปริมาณที่พบในอากาศชั้น Troposphere ของทวีปอเมริกาเหนือ มีแบคทีเรียเพียงไม่กี่ประเภทที่จะทนต่อความแห้งแล้งและการสัมผัสกับแสงอาทิตย์ ส่วนใหญ่เป็นพวกดำรงชีวิตแบบ Saprophytic รูปร่างเป็นแท่งมีสปอร์ เช่น *Bacillus subtilis* ที่ไม่สร้างสปอร์รูปร่างกลม เช่น *Sarcina* sp. ส่วนในอาคารจะพบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ เช่น โรงพยาบาล โรงภาพยนตร์ มักพบจุลินทรีย์ที่เกิดกับระบบทางเดินหายใจ เช่น *Stertococus* spp., *Pneumococcus* spp., *Staphylococcus* spp., *Mycobacterium* spp., *Tuberculosis* spp. เชื้อเหล่านี้มีลักษณะเป็นอนุภาคขนาดเล็ก2 – 5 ไมโครมิเตอร์เรียกว่า Droplet nuclet จะปะปนมากับน้ำลายและเมือกมีชีวิตอยู่ได้นานและเนื่องจากขนาดเล็กมากทำให้เมือกที่หุ้มไว้แห้งเสียก่อนที่จะตกลงสู่พื้นจึงเบาและลอยอยู่ได้นาน มีสภาพเป็นเกราะป้องกันเซลล์ที่อยู่ภายในได้เป็นอย่างดี (Yassin and Almouqatea, 2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 เชื้อราที่พบได้ในอากาศ

2.2.2.1 *Aspergillus* (Du, 2008)

Aspergillus เป็นสิ่งมีชีวิตที่ต้องการออกซิเจนสูงมาก พบในบริเวณที่มีออกซิเจนมากเกือบทั้งหมดโดยทั่วไปเจริญเป็นเส้นใยราบนผิวของอาหารที่มีคาร์บอนมากเช่น กลูโคส อะไมโลส *Aspergillus* พบปนเปื้อนในอาหารที่มีแป้ง เช่นขนมปังและมันฝรั่ง และเจริญบนต้นไม้

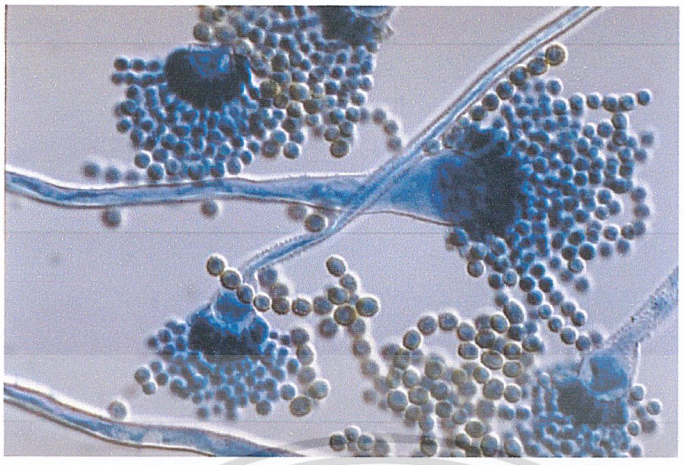
Aspergillus บางชนิดก่อให้เกิดโรคที่เป็นปัญหาในคนและสัตว์ ที่เป็นที่รู้จักดีคือ *Aspergillus fumigatus* และ *Aspergillus flavus* โดย *Aspergillus flavus* ผลิตอะฟลาทอกซิน (aflatoxin) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งและคงทนในอาหารเช่นถั่ว เชื้อที่ก่อโรคภูมิแพ้ เช่น *Aspergillus fumigatus* และ *Aspergillus clavatus* สปีชีส์ที่เป็นเชื้อก่อโรคที่สำคัญทางการเกษตร เช่น *Aspergillus* spp. ก่อโรคในธัญพืช โดยเฉพาะข้าวโพด และสร้าง mycotoxin รวมทั้งอะฟลาทอกซิน

Aspergillus คือ ชื่อ สกุล (genus) ของเชื้อรา (mold) ที่มีความหลากหลาย มีสายพันธุ์มากว่า 100 สายพันธุ์ พบทั่วไปในในสิ่งแวดล้อม เป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย (microbial spoilge)ได้ทั้ง เนื้อสัตว์ นม ผัก ผลไม้ เพราะสามารถผลิตเอนไซม์ได้หลายชนิด เช่น เอนไซม์ อมัยเลส (amylase) ย่อยโมเลกุลของสตาร์ซ ให้เป็นน้ำตาล เอนไซม์โปรติเอส (protease) ย่อยโมเลกุลของโปรตีน ให้เป็นกรดอะมิโน เอนไซม์ เพคติเนส (pecinase) ย่อยสลายสารเพคติน (pectin) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลพืช และ บางสายพันธุ์ ยังสร้างสารพิษ (mycotoxin) เช่น aflatoxin ochratoxin ซึ่งเป็นอันตรายในอาหาร

2.2.2.2 ลักษณะทั่วไป

*Aspergillus*จัดเป็นราในกลุ่ม Ascomycetes เป็นเชื้อราที่พบได้ทั้งในรูปของการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและ แบบอาศัยเพศ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศจะ สร้างสปอร์แบบไม่อาศัยเพศเรียกว่า condiniaไฮฟา (hyphae) เป็นแบบ ไม่ผนังกั้น มีเส้นใยที่แตกแขนง เส้นใยของเชื้อราไม่มีสี แต่ละส่วนที่กั้นแล้วมีนิวเคลียสหลายอัน ก้านชูสปอร์ (conidiophore) เกิดจาก foot cell ก้านชูสปอร์ อาจมีผนังกั้นหรือไม่มีก็ได้ ที่ส่วนปลายของก้านชูสปอร์ จะโป่งออกเป็นเวสซิเคิล (vesicle) และมีส่วนที่ยื่นออกมาเป็น สเตอริกมา (sterigma) ซึ่งอาจมีชั้นเดียวหรือสองชั้นก็ได้ โคนิเดีย (conidia) ถูกสร้างขึ้นภายในสเตอริกมา โคนิเดียที่สร้างขึ้นภายหลังจะดันโคนิเดียอัน แรกๆ ออกมาและยังติดต่อกันอยู่ จึงเกิดเป็นสายของโคนิเดีย มีรูปร่างทรงกลม มีหลายสี เช่น ดำ เขียว น้ำตาล

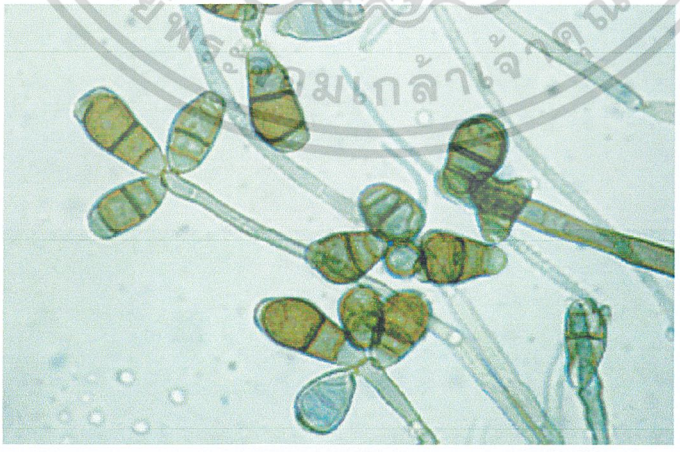
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของเชื้อรา *Aspergillus* sp.
ที่มา : http://www.clt.astate.edu/mhuss/Aspergillus%20flavus%20pict.jpg
วันที่สืบค้น 12 มกราคม 2556

2.2.2.3 *Curvularia* (McGinnis, 1980)

เจริญงอกงามเร็ว คล้ายสกุล *Alternaria* สายรามีผนังกั้นสีดำ โคนิเดียมีสีดำมักอยู่เป็นกระจุกที่ปลายก้านชู ภายในโคนิเดียมมีผนังกั้นตามขวางเท่านั้น สายพันธุ์ที่พบได้ทั่วโลกและพบได้บ่อย คือ *เคอร์วูลาเรีย ลูนาทา (C. lunata)* มีผนังกั้นตามขวาง 3 อัน ส่วน *เคอร์วูลาเรีย เจนิคูลาทา (C. geniculata)* มีผนังกั้นตามขวาง 5 อัน ก่อโรคเช่นเดียวกับเชื้อ *Alternaria* สามารถก่อให้เกิดโรค ไซนัสอักเสบ เยื่อบุหัวใจอักเสบ และเยื่อบุช่องท้อง



รูปที่ 2.4แสดงลักษณะของเชื้อรา *Curvularia* sp.
ที่มา :http://www.mycology.adelaide.edu.au/images/curv2.gif
วันที่สืบค้น 12 มกราคม 2556

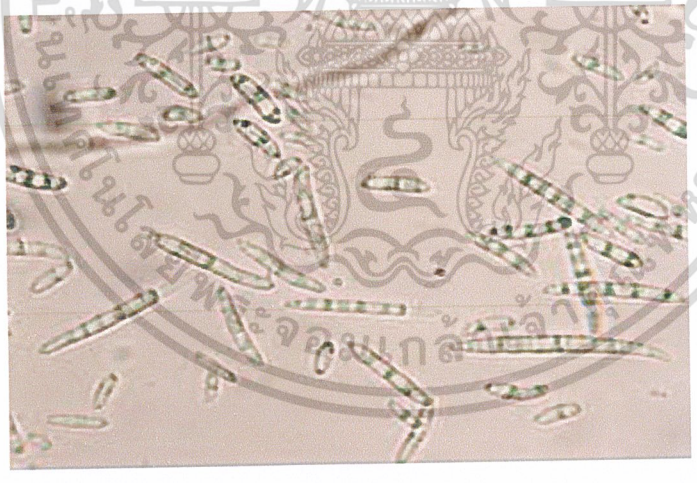
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.4 Fusarium

*Fusarium*เป็นชื่อสกุลของเชื้อรา (mold) ซึ่ง เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเสื่อมเสีย (microbial spoilage) ของอาหารหลายชนิด เช่น การเสื่อมเสียของผักและผลไม้เมล็ดธัญพืช (cereal grain)

Fusarium oxysporum ทำให้เกิดโรคเหี่ยว (Fusarium wilt) ในผัก หลายชนิด เช่น กวางตุ้ง กะหล่ำดอก กะหล่ำปลี คะน้า ผักกาดขาว ปลี บร็อคโคลี่ ผักกาดเขียว ผักกาดหัว ลักษณะอาการของโรค คือ ใบล่างของผักจะเหลืองและเริ่มเหี่ยว สังเกตได้ง่ายคือมีใบล่างเหี่ยวแห้งซีกใดซีกหนึ่ง ทำให้ใบเบี้ยวงอไปข้างที่มีใบแห้งเหี่ยว ต่อมาใบทางซีดนั้นจะเหี่ยวเพิ่มขึ้น และเหี่ยวทั่วต้นในเวลาต่อมา หรือผักเจริญแต่เพียงซีกเดียวก่อนแล้วเหี่ยวตายทั้งเถา โคนต้นพบเส้นใยเชื้อราขึ้นเต็ม เมื่อถอนต้นดูรากจะขาดหลุดจากลำต้น เพราะผุเปื่อยเป็นสีน้ำตาล การใส่ปุ๋ยวิทยาศาสตร์เพื่อเร่งให้ต้นโต เมื่อถอนกล้าให้โปร่งบางตาจะพบกล้าผักแสดงอาการดังกล่าว

Fusarium ผลิตสารพิษ (mycotoxin) ที่เป็นอันตรายแก่มนุษย์และสัตว์Regulation (EC) No 1126/2007 ในการกำหนดค่าตกค้างสูงสุดของสารในกลุ่ม Fusarium toxins ซึ่งได้แก่ Deoxynivalenol, Zearalenone และ Fumonisins ซึ่งมีการกำหนดระดับค่าตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limits : MRLs) ของสารดังกล่าวในข้าวโพดและผลิตภัณฑ์ข้าวโพด โดยไม่ครอบคลุมถึงข้าวโพดที่ยังไม่ได้รับการแปรรูปที่จะนำมาใช้ผลิตแป้ง



รูปที่ 2.5แสดงลักษณะของเชื้อรา *Fusarium* sp.
ที่มา :http://www.plante-doktor.dk/Fusarium%20oxy%20cyclaminis.jpg
วันที่สืบค้น 12 มกราคม 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

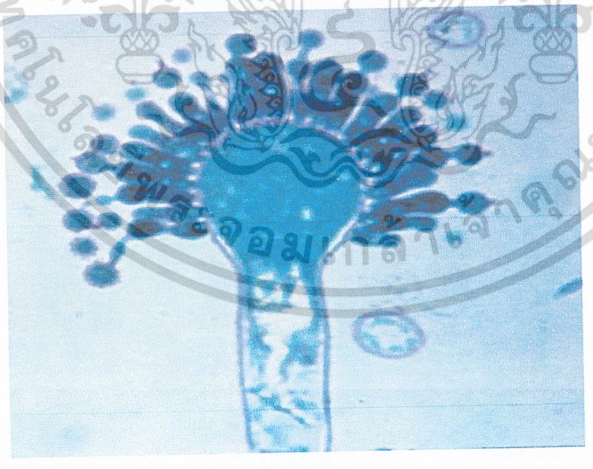
2.2.2.5 Penicillium (นงลักษณ์และปรีชา, 2539)

เมื่อปี ค.ศ. 1929 ได้มีผู้ค้นพบรา *Penicillium sp.* โดย อเล็กซานเดอร์ เฟลมิง (Alexander Fleming) สังเกตเห็นว่า *Stephylococcus aureus* ที่เลี้ยงไว้ในจานอาหารที่มีราปะปนอยู่ด้วย รอบๆบริเวณที่มีเชื้อราเจริญจะเกิดบริเวณใส (clear zone) ซึ่งไม่มีแบคทีเรียเจริญ เนื่องจากเชื้อราสร้างสารไปทำลายแบคทีเรีย ต่อมาจึงพบว่าเชื้อรานั้น ก็คือ *Penicillium sp.*จากนั้นเฟลมิงจึงเรียกสารที่เชื้อราสร้างขึ้นว่าเพนิซิลลิน *(Penicillium)* (สมใจ ศิริโภค,2547)

*Penicillium sp.*เป็นเชื้อราที่พบได้ทั่วไป ที่มีประโยชน์ในการใช้ทำเป็นสารปฏิชีวนะ เช่น เพนิซิลลิน ซึ่งผลิตจาก*Penicillium notatum*และ *Penicillium chrysogenum* บางพวกสามารถสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยสร้างแอสโคสปอร์ ส่วนใหญ่มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยสร้างโคนิเดียซึ่งเกิดที่ปลายสเตอรมา โคนิดีฟอร์จะแตกกิ่งก้านคล้ายแปรง(นงลักษณ์และปรีชา,2547)

รา *Penicillum* sp.เป็นจัดเป็นพวกยูคาริโอตที่ไม่มีคลอโรฟิลล์ สร้างอาหารเองไม่ได้ จัดเป็นเฮเทอโรโทรฟ ซึ่งต้องการสารอินทรีย์เป็นอาหาร และสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เน่าเปื่อยให้เป็นสารโมเลกุลเล็กลงรา *Penicillum* sp. จัดเป็นจุลินทรีย์ที่อยู่ใน kingdom-fungi , division-Deuteromycota , class- Ascomycetes

Penicillium เป็นราที่พบได้ทั่วไปทุกหนทุกแห่ง มีชื่อเรียกกันว่า green mold และ blue mold ตามสีสปอร์ของราสปอร์แบบไม่อาศัยเพศ ของ *Penicillum*เป็นแบบcodinia



รูปที่ 2.6แสดงลักษณะของเชื้อรา*Penicillium* sp.
ที่มา :http://www.technoinhome.com/vspcite/site/wb03/jpg/002/wb0300280020c569.jpg
วันที่สืบค้น 12 มกราคม 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

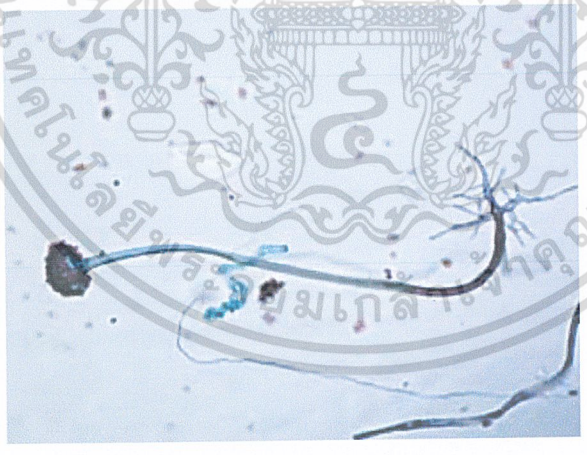
2.2.2.6 Rhizopus

ไรโซปัส (*Rhizopus*) คือชื่อ genus **ของเชื้อรา** (mold) **ซึ่งเป็นฟังไจ ในไฟลัม**Zygomycota ที่สำคัญต่ออาหาร เป็นราแบบเส้นใยไม่มีผนังกั้น (non septate hypha) มักสร้างสปอร์แบบไม่อาศัยเพศคือ สปอร์แรงจิโอปอร์ (sporangiospore) ซึ่งรวมกันอยู่ใน sporangium ที่มีรูปร่างกลม ที่ฐานของ sporangiophore**ซึ่งเป็นก้านชูสปอร์ มีไรซอยด์** (rhizoid) **และ สโตลอน** (stolon) **ซึ่งเป็นเส้นใย** ที่เชื่อม sporangiospore

ไรโซปัส สามารถ สร้างสปอร์แบบมีเพศเรียกว่า ไซโกสปอร์ (zygospore) *Rhizopus stolonifer* **หรือราขนมปัง** (bread mold) **สายพันธุ์ของเชื้อราไรโซปัสที่สำคัญในอาหาร** *Rhizopus oligosporus*, *Rhizopus stolonifer*

บทบาทของเชื้อราไรโซปัสในอาหาร

1. **ทำให้เกิดโรคพืชไรโซปัสผลิตเอนไซม์** (enzyme) เพคติเนส (pectinase) **ทำให้เกิดโรคเน่าในพืช ผัก** (vegetable) **ผลไม้**
2. ทำให้อาหารเสื่อมเสีย (microbial spoilage) เช่น *Rhizopus stolonifer*หรือราขนมปัง (bread mold) เป็นราที่ทำให้ขนมปัง (bread) เสื่อมเสีย
3. **ใช้ในการแปรรูปอาหาร เพื่อการหมัก** (fermentation) **เช่นเทมเป้** (tempeh) ใช้เชื้อไรโซปัส โอลิโกสปอรัส (*Rhizopus oligosporus*)



รูปที่ 2.7แสดงลักษณะของเชื้อรา*Rhizopus* sp.
ที่มา : http://labmed.ucsf.edu/education/residency/fung_morph/fungal_site/thumbnails/rhizopus 1.1ofw4.jpg
วันที่สืบค้น 12 มกราคม 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 จุลินทรีย์ในอากาศ(Yang and Heinsohn, 2007)

จุลินทรีย์ที่พบในอากาศจะแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของสภาพแวดล้อมและการกระจายของฝุ่นละอองในอากาศ เช่น สภาพแวดล้อมที่มีกิจกรรมเกิดขึ้นสูงก็จะมีปริมาณจุลินทรีย์มากกว่าสภาพแวดล้อมที่มีกิจกรรมต่ำอากาศที่มีฝุ่นละอองมากก็จะมีปริมาณจุลินทรีย์มากกว่าอากาศที่มีปริมาณฝุ่นละอองน้อยเป็นต้นเชื้อจุลินทรีย์นอกจากจะเจริญเติบโตได้ตามธรรมชาติเนื่องจากความชื้นแล้วยังเจริญเติบโตได้ดีจากแหล่งอาหารที่มีมากขึ้นจากอาคารที่ไม่ถูกสุขลักษณะอนุภาคเหล่านี้ก่ออันตรายต่อสุขภาพสิ่งมีชีวิตในรูปแบบต่างๆ ก่อทำให้การระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ระคายเคืองในช่องจมูก ตา ส่วนสารที่เป็นมลพิษในอาคาร เช่น ฝุ่นผงจากเส้นใยแก้วหรือไฟเบอร์กลาส ทำให้เกิดความระคายและคันต่อผิวหนัง ตา และทางเดินหายใจ แผ่นหรือเส้นแร่ใยหิน (asbestos) จะเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งปอดชนิดต่างๆ

สำหรับจุลชีพนั้น นอกจากตัวเซลล์โดยตรงคือ แบคทีเรีย รา ไวรัส และปรสิตแล้ว (ตารางที่ 2.1) ยังมีสิ่งที่มาจากจุลชีพ และสารที่มาจากสิ่งมีชีวิตหรือสารทางชีวภาพ เช่น รังแค สะเก็ด หรือสารพิษที่ราและแบคทีเรียเหล่านั้นสร้างขึ้น

ตารางที่ 2.1จุลชีพหรือสารทางชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับมลพิษในอาคาร (Yang and Heinsohn, 2007)

แหล่ง	ชนิด
ไร	*Dematophagoides pteronyssinus, D. farina, Euroglyphus maynei, Hirstia domicola, Lepidoglyphus destructor, Malayoglyphus intermedius, M. carmelitus, Sturnophagoides brasiliensis*
แบคทีเรีย	*Staphylococcus epidermidis, Micrococcus, Flavobacterium*
แบคทีเรียก่อโรค	*Legionella pneumophilai, Mycobacterium tuberculosis, Corynebacterium diphtheriae*
แบคทีเรียที่สร้างสารพิษ	แบคทีเรียกลุ่มแกรมลบ, blue-green algae
รา	*Alternaria alternato, Aspergillus fumigates, Cladosporium alternarium*
ราที่สร้างสารพิษ	*Stachybotrys atra, toxigenic Aspergillus, Fusarium* spp. *Penicillium aurantiogriseum*
ราก่อโรค	*Aspergillus fumigatus, Histoplasma, Cryptococcus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ

การแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศพบว่า บริเวณที่มีฝุ่นเป็นจำนวนมากจะพบจุลินทรีย์เป็นจำนวนมากเช่นกัน จุลินทรีย์ที่พบเป็นส่วนมาก ได้แก่ แบคทีเรียและเชื้อรา และที่พบเป็นส่วนน้อย ได้แก่ สาหร่ายและโปรโตซัวจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ในอากาศเป็นระยะเวลานานได้ เนื่องจากอากาศมีลักษณะที่แห้งแล้ง มีสารอาหารปริมาณน้อย จึงไม่ใช่แหล่งที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมสำหรับจุลินทรีย์ แต่สามารถเป็นที่อยู่อาศัยชั่วคราว (Temporary habitat)ของจุลินทรีย์ได้ โดยจะเป็นที่อยู่อาศัยชั่วคราวของจุลินทรีย์ที่ถูกพัดพามาจากแหล่งอื่น

2.4.1 การศึกษาเกี่ยวกับจุลชีววิทยาทางอากาศแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

2.4.1.1 จุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคาร (Intramural aero microbiology) เป็นการศึกษาจุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคาร ซึ่งอากาศภายในอาคาร (Indoor Air) มีการหมุนเวียนอากาศจากภายนอกอย่างจำกัด มีแสงอัลตราไวโอเลตผ่านเข้ามาปริมาณน้อย มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ ดังนั้น คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality) จึงมีความสำคัญกับผู้ที่อาศัยภายในอาคาร

2.4.1.2 จุลินทรีย์ในอากาศภายนอกอาคาร (Extramural aero microbiology) เป็นการศึกษาจุลินทรีย์ในอากาศภายนอกอาคาร(Outdoor Air) โดยการเคลื่อนที่ของจุลินทรีย์ในอากาศภายนอกอาคารนั้น เกี่ยวข้องกับขนาดพื้นที่และการพัดพาของอากาศ โดยมีปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ในอากาศภายนอกอาคาร คือ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ และรังสีอัลตราไวโอเลต

2.5 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการสะสมของจุลินทรีย์ในอากาศ

จุลินทรีย์ที่พบในอากาศมีชนิดและขนาดที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและการแพร่กระจายของฝุ่นละออง ในสภาพแวดล้อมที่มีกิจกรรมสูงจะมีปริมาณแบคทีเรียมากกว่าสภาพแวดล้อมที่มีกิจกรรมน้อยกว่าอากาศในห้องที่มีฝุ่นละอองเยอะหรือห้องที่สกปรกจะมีจุลินทรีย์มากกว่าอากาศในห้องที่สะอาดและบริเวณที่มีการเพาะปลูกจะมีจุลินทรีย์มากกว่าอากาศบริเวณที่ไม่มีการเพาะปลูกและเป็นโคลนตม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 จุลินทรีย์ในอากาศที่มาจากแหล่งต่างๆกันจะอยู่ในอากาศได้นานและแพร่กระจายออกไปได้มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้ (กฤษณียา, 2548)

2.5.1.1 ขนาดอนุภาคหรือฝุ่นละอองที่แบคทีเรียเกาะอยู่ ถ้ามีขนาดเล็กจะสามารถลอยอยู่ในอากาศได้นานและถูกพัดพาโดยกระแสลมได้ไกลกว่าอนุภาคหรือฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่

2.5.1.2 สภาพอุตุนิยมวิทยา เช่น ความชื้น อุณหภูมิ แสงแดด โดยในประเทศเขตร้อนจะมีการระบาดของโรคที่เกิดจากแบคทีเรียมากกว่าประเทศในเขตอื่น เนื่องจากอุณหภูมิของประเทศเขตร้อนมีความเหมาะสมในการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ โดยเชื้อจุลินทรีย์จะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 35 – 37 องศาเซลเซียส นอกจากนี้กระแสลมฝนก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้จุลินทรีย์ในอากาศตกลงสู่พื้นและแสงแดดก็มีรังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งมีความสามารถในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ รวมถึงทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงจนจุลินทรีย์บางชนิดตายได้

2.5.1.3 ชนิดของแบคทีเรีย แบคทีเรียบางชนิดทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆในอากาศได้ดี โดยเฉพาะพวกที่มีสปอร์ นอกจากนี้ชนิดของแบคทีเรียในอากาศยังแตกต่างกันไปตามสถานที่และฤดูกาลด้วย ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โรคของระบบทางเดินหายใจบางโรคเกิดขึ้นมากเฉพาะฤดูกาลใดฤดูกาลหนึ่ง

2.6 การรับเชื้อจุลินทรีย์จากอากาศภายนอก

2.6.1 จุลินทรีย์ในอากาศไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ แต่จะอาศัยอากาศเป็นตัวกลางในการแพร่กระจายอนุภาค จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งเท่านั้น โดยชนิดของอนุภาคมลสารแบ่งออกได้เป็น2 ประเภท ได้แก่

2.6.1.1 Droplet nuclei คือ ชีวอนุภาคมลสารของละอองเสมหะที่เกิดจากการจามหรือไอ การพูดคุยของมนุษย์ โดยเชื้อจุลินทรีย์ใน droplet nuclei สามารถล่องลอยในอากาศ และมีชีวิตอยู่ได้ในระยะเวลาหนึ่ง จากการห่อหุ้มของละอองเสมหะ

2.6.1.2 Dust particle คือ ชีวอนุภาคมลสารที่อยู่ในฝุ่นละอองที่เกิดจากแรงลมหรือการประทำของมนุษย์ ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากแหล่งต่างๆ

2.6.2 แบคทีเรียที่พบในอากาศมาจากแหล่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

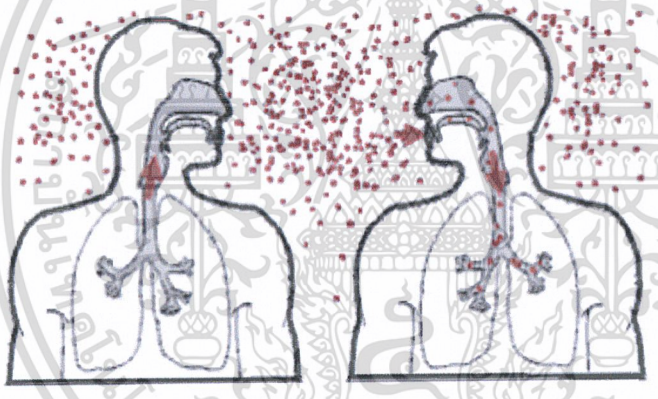
2.6.2.1 พื้นผิวดิน จัดเป็นแหล่งใหญ่ที่สุดของแบคทีเรียในอากาศ ทั้งนี้รวมไปถึงพื้นผิวอื่นๆ เช่น อาคาร บ้านเรือน โรงงาน เป็นต้น โดยแบคทีเรียจะเกาะติดอยู่กับฝุ่นละอองที่ปลิวฟุ้งขึ้นไปในอากาศ จึงเป็นสาเหตุว่า เหตุใดในที่ที่มีฝุ่นละอองมาก จะมีแบคทีเรียมากกว่าที่ๆมีฝุ่นละอองน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.2 จากร่างกายของคนและสัตว์ต่างๆ โดยเฉพาะคน โดยมาจากการหายใจ หรือ การจาม และการพูดคุยโดยหยดเล็กๆ ของน้ำมูก น้ำลาย และเสมหะ จะปลิวฟุ้งอยู่ในอากาศ และอาจระเหยเป็นละอองเล็กๆที่เรียกว่า droplet nuclei ในบริเวณที่มีคนพลุกพล่าน หนาแน่น จะมีปริมาณแบคทีเรียในอากาศมากกว่า

2.6.2.3 จากการแตกตัวของฟองอากาศ ชั้นผิวน้ำที่มีแบคทีเรีย (microlayer) หนาแน่นน้อยกว่า 1/10 มิลลิเมตร ซึ่งการแตกของฟองอากาศ ทำให้เกิดละอองของฟองน้ำ กระเด็นขึ้นเหนือผิวน้ำและถูกพัดไปโดยกระแสลม

2.6.2.4 การกระทำต่างๆของมนุษย์ เช่น การใช้น้ำที่ได้จากการบำบัดมารถต้นไม้ กระบวนการบัดน้ำเสีย ทำให้เกิดละอองน้ำ ซึ่งละอองน้ำนั้นจะถูกพัดพาไปโดยกระแสลม นอกจากนี้ยังรวมถึงกิจกรรมบางอย่างที่เกิดขึ้นในอาคาร เช่น การปัดกวาดพื้น การใช้พัดลม การสลัดผ้าปูที่นอน เป็นต้น



รูปที่ 2.8 แสดงวิธีการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดจากมนุษย์
ที่มา: http://textbookofbacteriology.net/tuberculosis_2.html
วันที่สืบค้น 23 มกราคม 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากผู้ใช้อาคารและการรับเชื้อจุลินทรีย์จากภายนอกอาคาร

จุลินทรีย์ที่ลอยอยู่ในอากาศ ถูกเรียกว่า “airborne microorganism” มีความหมายว่า อนุภาคของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ล่องลอยในอากาศ จุลินทรีย์ในอากาศมีทั้งที่มีประโยชน์และมีโทษ การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศเกิดขึ้นได้จากหลายช่องทาง เช่น มาจากร่างกายคน โดยเฉพาะจากระบบทางเดินหายใจ การไอและจาม หากเกิดจากผู้ป่วยก็จะเป็นการแพร่กระจายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ซึ่งจะพบได้ในโรงพยาบาลและสถานที่มีผู้คนจำนวนมากส่วนในโรงงานอุตสาหกรรม พบว่า มีช่องทางของการเกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น คือการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิต ทั้งในด้านการเกษตรกรรม อุตสาหกรรมการแพทย์ สาธารณสุข วิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม จึงทำให้พนักงานในโรงงานอุตสาหกรรมมีโอกาสในการสัมผัสเชื้อจุลินทรีย์ได้มากขึ้น ที่ผ่านมาพบว่า ในโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่ง ตรวจพบความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียในปริมาณสูงและสามารถเติบโตได้ดี เช่น ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ สถานที่บำบัดน้ำและน้ำเสีย โรงงานอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม เป็นต้น การสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคาร ส่วนหนึ่งเกิดจากกระบวนการถ่ายเทอากาศจากภายนอกเข้ามาภายในอาคาร อาคารหลายแห่งได้รับการออกแบบและติดตั้งตำแหน่งช่องนำอากาศบริสุทธิ์ ที่จะเข้ามาในอาคารให้อยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดเชื้อจุลินทรีย์ หรือบริเวณที่มีการขนถ่ายขยะ เมื่อมีลมพัดผ่านในพื้นที่ดังกล่าว ลมอาจพัดพาละอองของเชื้อจุลินทรีย์เข้ามาในอาคารได้ ดังนั้นการพิจารณาตำแหน่งของช่องนำอากาศจากภายนอกเข้ามาภายในอาคารควรคำนึงถึงสภาพแวดล้อมของตำแหน่งที่ติดตั้ง ซึ่งควรติดตั้งให้ห่างงจากบริเวณที่ปล่อยมลพิษหรือแหล่งสะสมของมลพิษให้มากที่สุด

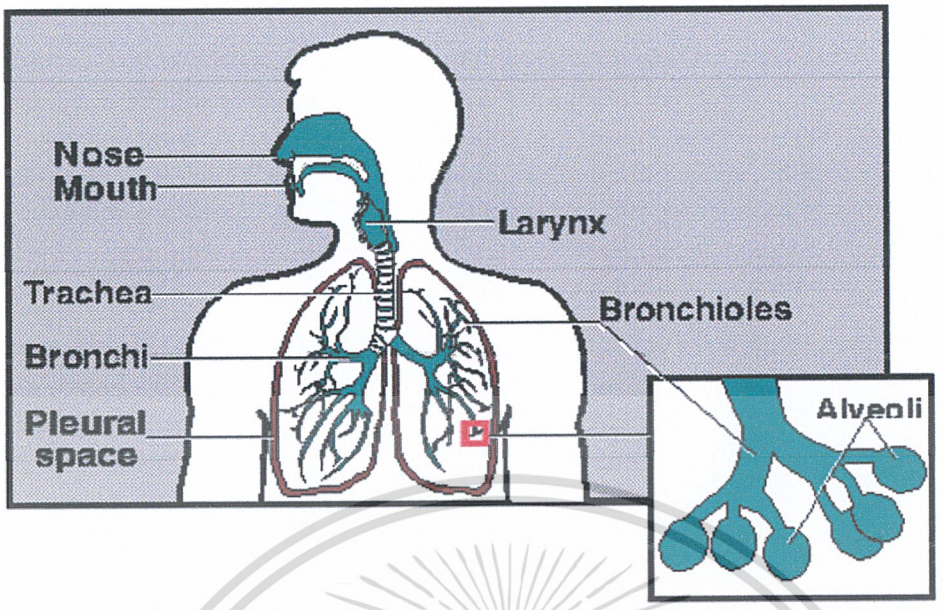
Kowalski and Bahnfleth (1998) กล่าวว่า ถึงแม้ว่าสปอร์ของราและแบคทีเรียที่อยู่ในอาคารมาจากอากาศภายนอกอาคาร แต่เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้จะมีการเพิ่มจำนวนมากขึ้น ถ้าสิ่งแวดล้อมภายในอาคารมีความเหมาะสม อีกสาเหตุหนึ่งที่สนับสนุนให้ภายในอาคารมีจำนวนจุลินทรีย์มากกว่าภายนอกอาคาร คือ แสงแดด เนื่องจากแสงแดดจากดวงอาทิตย์สามารถทำลายเซลล์จุลินทรีย์ได้ภายในเวลา 0.5 – 1 นาที ดังนั้นคนที่อาศัยภายในอาคาร จึงมีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคติดเชื้อได้มากกว่าคนที่อยู่ภายนอกอาคาร การที่เชื้อจุลินทรีย์เข้ามาในอาคารและไม่มีการถ่ายเทออกสู่อากาศภายนอกได้ ปริมาณจุลินทรีย์ภายในอาคารจึงมีมากขึ้นเรื่อยๆ และสภาพแวดล้อมภายในอาคารก็เป็นปัจจัยสำคัญที่เอื้อให้เกิดการเพาะพันธุ์และเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ผลกระทบของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ

จุลินทรีย์ในอากาศนั้นสามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อที่สามารถติดต่อจากคนสู่ทางระบบทางเดินหายใจ (communicable respiratory pathogens) และเชื้อฉวยโอกาสที่ปกติจะไม่ติดต่อ เว้นแต่บุคคลจะอยู่ในสภาพอ่อนแอ (primary nosocomial) การติดต่อของเชื้อโรคที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะมาจากโรคทางเดินหายใจมากที่สุด การติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจนับว่าเป็นปัญหาทางสาธารณสุขสำคัญปัญหาหนึ่ง อัตราการเกิดโรคมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยตลอด บางเชื้อจะไม่แสดงอาการโรคโดยตรงแต่จะแฝงตัวจนร่างกายผู้ติดเชื้ออ่อนแอลง การติดต่อของโรคส่วนมากเกิดจากการหายใจเอาฝอยละอองไอจามหรือที่มีเชื้อโรคเจือปนอยู่ ซึ่งการไอจามของผู้ป่วยในหนึ่งครั้งสามารถปล่อยอนุภาคออกมาได้มากกว่า 1,000 และ 10,000 อนุภาค ตามลำดับ และบางครั้งพบว่า เชื้อโรคเหล่านี้อยู่ในลำคอได้นานถึง 4 เดือนหรือมากกว่า และยังฟุ้งกระจายไปกับระบบหมุนเวียนอากาศภายในอาคาร และมีศักยภาพเพียงพอที่จะก่อให้เกิดโรคแก่บุคคลอื่นที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของบรรยากาศนั้นๆ การที่มนุษย์ได้รับละอองของชีวอนุภาคมลสาร (bioaerosols) หรือสารพิษของชีวอนุภาคมลสาร (toxic) เข้าไปในร่างกาย ร่างกายจะสร้างปฏิกิริยาต่อต้านทำให้เกิดการเจ็บป่วย บางรายอาจถึงขั้นเสียชีวิต จุลินทรีย์ในอากาศแต่ละชนิดก่อให้เกิดโรคที่แตกต่างกัน ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศจะทำให้เกิดคัดจมูก น้ำมูกไหล เคืองตา ไอ แน่นหน้าอก อ่อนล้าและปวดศีรษะ การหายใจเอาเชื้อจุลินทรีย์เข้าไปในระบบทางเดินหายใจ โดยอยู่ในส่วนของจมูกและลำคอ ทำให้เกิดการระคายเคือง ไอจาม แสบจมูก ส่วนเชื้อจุลินทรีย์ขนาดไม่เกิน 5 ไมครอน จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ เพราะสามารถแทรกตัวลึกเข้าไปถึงระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเข้าไปในเนื้อเยื่อปอด หรือมีการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ในถุงลมปอด ทำให้การทำงานของปอดเสื่อมลง ทำให้หลอดลมอักเสบ (bronchitis) เกิดโรคหอบหืด (asthma) เยื่อจมูกอักเสบ (rhinitis) และโรคปอดบวม (pneumonia) โดยแบ่งขนาดของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจออกเป็น 6 ระดับ คือ เชื้อจุลินทรีย์ที่มีขนาดมากกว่า 7 ไมครอน (stage 1) เชื้อจุลินทรีย์ที่มีขนาด 4.7 – 7.0 ไมครอน (stage 2) เข้าสู่บริเวณคอหอย (pharynx) ซึ่งเป็นทางเชื่อมระหว่างปาก โพรงจมูก และหลอดอาหาร เชื้อจุลินทรีย์ที่มีขนาดระหว่าง 3.3 – 4.7 ไมครอน (stage 3) เข้าสู่บริเวณหลอดลม (trachea) และท่อหลอดลมคอระดับที่หนึ่ง (primary bronchi) เชื้อจุลินทรีย์ที่มีขนาดระหว่าง 2.1 – 3.3 ไมครอน (stage 4) เข้าสู่บริเวณท่อหลอดลมระดับสอง (secondary bronchi) เชื้อจุลินทรีย์ที่มีขนาดระหว่าง 1.1 - 2.1 ไมครอน (stage 5) เข้าสู่บริเวณระดับปลายแขนงของหลอดลม (terminal bronchi) เชื้อจุลินทรีย์ที่มีขนาดระหว่าง 0.65 – 1.1 ไมครอน (stage 6) เข้าสู่บริเวณถุงลมปอด (alveoli)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9แสดงการหายใจรับเชื้อจุลินทรีย์เข้าไปในปอด

ที่มา:http://textbookofbacteriology.net/tuberculosis_2.html

วันที่สืบค้น 23 มกราคม 2556

2.9 มาตรฐานเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (World Health Organization,2009)

ทางองค์การอนามัยโลก WHO (World Health Organization) ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ ไว้ดังนี้

1. ปริมาณเชื้อแบคทีเรียภายในอาคารไม่เกิน 500 CFU/m^3
2. ปริมาณเชื้อแบคทีเรียภายนอกอาคาร ไม่เกิน 500 CFU/m^3
3. ปริมาณเชื้อราภายในอาคาร ไม่เกิน 500 CFU/m^3
4. ปริมาณเชื้อราภายนอกอาคาร ไม่เกิน 500 CFU/m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Dubey *et al.* (2011) ได้ศึกษาการตรวจสอบเชื้อราเส้นใยโดยการวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารและปัญหาสุขภาพโดยทำการตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในบ้านในเมือง Raipur ประเทศอินเดีย ใช้ระยะเวลา 1 ปี พบเชื้อราทั้งหมด 17 ชนิด โดยเชื้อราที่พบปกติในอากาศคือ *Penicillium* spp. และ *Aspergillus* spp. ซึ่งจำนวนเชื้อราที่พบมากที่สุดได้บันทึกไว้ในฤดูหนาว เนื่องจากอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝนเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา นั่นคือ อุณหภูมิอยู่ที่ 28 ± 1 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 88 ส่วนจำนวนเชื้อราที่พบน้อยที่สุดได้บันทึกไว้ คือ ฤดูร้อน เนื่องจากมีอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงและมีอากาศที่แห้งมาก จึงไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราแต่ละชนิด ส่วนในฤดูฝนนั้นจะพบปริมาณเชื้อราในอากาศในระดับที่ปานกลางโดยการกระจายสปอร์ของเชื้อราเป็นไปอย่างไม่สม่ำเสมอและจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและลักษณะภูมิอากาศที่แตกต่างกันไป

Hameed *et al.* (2011)ได้ศึกษาผลกระทบของมลพิษทางอากาศและค่าพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยาต่อโอกาสของการมีชีวิตรอดของเชื้อราในอากาศ เชื้อราที่ถูกเก็บรวบรวมโดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างแบบช่อง อัตราการเก็บที่ 20 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 3 นาที โดยปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ฝุ่น (PM) ความชื้น (% RH) อุณหภูมิ (T °C) ความเร็วลม (WS) โดยใช้เวลาเก็บในช่วงระยะเวลาตั้งแต่เดือนมีนาคมปี 2006 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2007 ความเข้มข้นของเชื้อราอยู่ระหว่าง 45 และ 451 CFU/m^3 ค่าเฉลี่ยประจำปีเท่ากับ 216 CFU/m^3 ส่วนความเข้มข้นต่ำสุดของเชื้อราที่พบในฤดูร้อน ค่าความเข้มข้นสูงสุดพบในฤดูใบไม้ร่วง *Alternaria, Aspergillus, Cladosporium* และ *Penicillium* เป็นเชื้อราจำพวกที่พบบ่อย เชื้อรา *Aspergillus*และ*Alternaria* พบความเข้มข้นสูงสุดอยู่ในฤดูใบไม้ร่วง แต่เชื้อ *Cladosporium* และ *Penicillium* ค่าความเข้มข้นสูงสุดของจะพบในช่วงฤดูหนาว เชื้อ *Alternaria* และ*Aspergillus* มีค่าความเข้มข้นของอยู่ระหว่าง 10-54.2 CFU/m^3 และ 17.5-247.56 CFU/m^3 ค่า NO_2, SO_2 และ PM เฉลี่ยอยู่ที่ 83.66μg/m^3, 67.01μg/m^3และ 237.69 μg/m^3 ตามลำดับ อุณหภูมิเป็นความสัมพันธ์เชิงบวกและเชิงลบกับเชื้อรา *Aspergillus* (p = 0.000) *Penicillium* (p = 0.007) RH มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับเชื้อราทั้งหมด (p = .001) , *Aspergillus*(p = 0.002) และ *Cladosporium* (p = 0.047) จากการวิเคราะห์ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เป็นตัวแปรคาดการณ์ที่มีผลมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยาเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อความอยู่รอดของเชื้อรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kim and Kim (2006) ได้ศึกษาลักษณะของจุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคารที่เป็นสถานที่สาธารณะที่ประเทศเกาหลี พบว่าที่โรงพยาบาลมีค่าความเข้มข้นทั้งหมดของเชื้อแบคทีเรียในอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 404 CFU/m^3 และค่าเฉลี่ยเชื้อราในอากาศเท่ากับ 382 CFU/m^3 ในโรงเรียนอนุบาลค่าเฉลี่ยเชื้อแบคทีเรียในอากาศเท่ากับ 931 CFU/m^3 และค่าเฉลี่ยเชื้อราในอากาศเท่ากับ 536 CFU/m^3 ในบ้านพักคนชราพบค่าเฉลี่ยเชื้อแบคทีเรียในอากาศเท่ากับ 294 CFU/m^3 และค่าเฉลี่ยเชื้อราในอากาศเท่ากับ 334 CFU/m^3 และบ้านพักฟื้นแม่ลูกอ่อนพบค่าเฉลี่ยเชื้อแบคทีเรียในอากาศเท่ากับ 586 CFU/m^3 และค่าเฉลี่ยเชื้อราในอากาศเท่ากับ 371 CFU/m^3 โดยเชื้อแบคทีเรียที่พบในอากาศได้แก่ *Staphylococcus* spp., *Micrococcus* spp., *Corynebacterium* spp. และ *Bacillus* spp. และเชื้อราที่พบในอากาศได้แก่ *Penicillium* spp.

Pastuszka *et al.* (1999) ได้ศึกษาละอองเชื้อราและแบคทีเรียในสภาพแวดล้อมภายในอาคารในแคว้นซิลีเซียประเทศโปแลนด์ เพื่อหาระดับความเข้มข้นของละอองเชื้อราและแบคทีเรียที่มีผลต่อสุขภาพและเชื้อราในบ้านเช่นเดียวกับห้องสำนักงานเขตอุตสาหกรรมในแคว้นซิลีเซีย ในการเก็บตัวอย่างครั้งนี้ใช้เครื่องเก็บตัวอย่างแบบ 6 ชั้นของ Anderson โดยเก็บทั้งด้านในอาคารและนอกอาคาร พบว่าระดับปกติของละอองแบคทีเรียภายในอาคารในบ้านมีค่าประมาณ10^3 CFU /m^3 และที่ห้องสำนักงานเท่ากับ 10^2 CFU/m^3 มีเพียงเชื้อรา *Micrococcus* spp. ที่พบภายในทุกๆบ้านที่ทำการศึกษา ซึ่งประกอบด้วยสกุลของเชื้อแบคทีเรียร้อยละ 36 เชื้อแบคทีเรียที่พบโดยทั่วไปลำดับที่สองคือ *Staphylococcus epidermidis* ประมาณร้อยละ 76 ภายในอากาศภายในบ้านและคิดเป็นร้อยละ 14 จากเชื้อทั้งหมด ความเข้มข้นของเชื้อราในอากาศในฤดูหนาวมีค่าตั้งแต่ 10 - 10^2 CFU/ m^3 ที่พบภายในบ้านที่ไม่มีปัญหาเรื่องคุณภาพอากาศ และ10 - 10^3 CFU/m^3 ที่พบภายในบ้านที่มีปัญหาเชื้อรา ในฤดูร้อนค่าเหล่านี้สูงถึง 10^3 CFU/m^3 ในบ้านที่ไม่มีปัญหาด้านอากาศและ 10^3 - 10^4 ในอาคารที่เต็มไปด้วยเชื้อรา ในบ้านที่ไม่มีปัญหาด้านอากาศพบความเข้มข้นของเชื้อราสายพันธุ์ *Penicillium* ตั้งแต่ร้อยละ 3 - 50 ในขณะที่บ้านที่มีปัญหาเชื้อรา พบความเข้มข้นสูงสุดของเชื้อรา *Penicillium* คิดเป็นร้อยละ 90 ของเชื้อราทั้งหมด แต่อย่างไรก็ตามความแตกต่างระหว่างเชื้อราแต่ละสายพันธุ์ยังดูเหมือนจะเล็กเกินไปที่จะชี้แจงเหตุผลของความเสี่ยงที่สูงของอาการโรคหืดหอบ ภูมิแพ้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งปริมาณของเชื้อราและแบคทีเรียไม่ได้เป็นไปอย่างปกติขึ้นอยู่กับประเภทของบ้าน วัสดุอาคาร ปัจจัยทางภูมิศาสตร์และมลพิษทางอากาศอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rahman *et al.* (2011) ได้ศึกษาอุบัติการณ์และการแก้ไขปัญหาเชื้อราภายในอาคารซึ่งมีความเป็นพิษในอากาศใน Universiti Sains Malaysia (USM) เมือง Pulau Pinang ประเทศมาเลเซีย สามารถจำแนกเชื้อราจากอาคารได้ดังนี้ *Aspergillus niger, Aspergillus fumigatus, Aspergillus flavus, Aspergillus ochraceusa, Aspergillus japonicas, Penicillium chrysogenuma, Penicillium citrinum, Penicillium lanosum, Cladosporium herbarum, Cladosporium cladosporioides, Alternaria alternate, Rhizopus stolonifer, Curvularia lunata, Curvularia ellisii, Trichoderma viride, Botrytis cinerea, Fusarium solani* โดยเชื้อ *Aspergillus* sp. พบมากที่สุดในขณะที่เชื้อรา *Fusarium* sp. พบน้อยที่สุดในอาคาร โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา คือ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 23-32 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่างร้อยละ 67-77

Ren *et al.* (1999) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบความแพร่หลายของเชื้อราตามฤดูกาลทั้งในอาคารและนอกอาคารและภายในบ้าน ใน Greater New Haven, Connecticut areaทางฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศอเมริกา โดยจะศึกษาเชื้อราที่โดดเด่นตามธรรมชาติและความหลากหลายของเชื้อรา ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างอากาศ 3 แห่ง (ห้องนั่งเล่น ห้องนอน และห้องใต้ดิน) และอีก 1 ตัวอย่างที่เป็นพื้นที่นอกอาคาร ความเข้มข้นของเชื้อราในอากาศทั้งภายในบ้านและนอกบ้าน พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ของความเข้มข้นและชนิดของเชื้อราระหว่างห้องนั่งเล่นและห้องนอนในฤดูกาลที่ทำการตรวจสอบ ส่วนความเข้มข้นและชนิดของเชื้อราของห้องใต้ดินมีค่าที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p <0.05$) มากกว่าห้องอื่นๆในอาคารและอากาศนอกอาคารในฤดูหนาว ชนิดของเชื้อราในห้องนั่งเล่นห้องนอนและอากาศภายนอกอาคารพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในทุกฤดูกาล แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญสำหรับห้องใต้ดินในระหว่างฤดูกาลต่างๆ เชื้อรา *Cladosporium* spp. จะพบมากทั้งในอากาศภายในอาคารและนอกอาคารในฤดูร้อน *Penicillium* และ *Aspergillus* จะพบมากในอากาศภายในอาคารในฤดูหนาว แต่ไม่ค่อยพบในอากาศภายนอกอาคารในฤดูกาลต่างๆ ในตัวอย่างที่เก็บมาได้ยังพบเชื้อรา *Mucor* , *Wallemia*และ *Alternaria* แต่สำหรับเชื้อรา *Aspergillus, Cladosporium*และ *Penicillium*จะพบในทุกๆฤดู

ศิริพรและกาญจนา (2555) ได้ศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศที่ก่อโรคในโรงพยาบาลขนาดที่แตกต่างกันโดยเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศจากจุดเก็บตัวอย่าง 4 จุด คือ คลินิกวัณโรค, หอผู้ป่วยนอก, ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉินและห้องทำงานบริหารงานทั่วไปและจากโรงพยาบาลชุมชน 3 แห่งที่มีขนาดแตกต่างกันด้วยเครื่องมือ 2 ชนิดคือ Biosampler และ Open plate พบชนิดของเชื้อแบคทีเรียในโรงพยาบาลชุมชนที่ทำการศึกษาทั้งหมด 8 ชนิด จำแนกเชื้อได้เป็น 2 กลุ่ม คือ เชื้อที่สามารถก่อโรคได้ 1 ชนิด คือ *Acinetobacter* spp. และเชื้อชนิดไม่ก่อโรค 7 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus* spp., *Staphylococcus* spp., *Diphtheroid* spp., *Micrococcus* spp.,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Streptococcus spp., *Bacillus* spp. และ *Fusarium* spp.ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยสูงที่สุดพบที่โรงพยาบาลชุมชนขนาด 120 เตียงรองลงมา คือ โรงพยาบาลชุมชนขนาด 30 เตียงและโรงพยาบาลชุมชนขนาด 90 เตียงพบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เท่ากับ 456.11 CFU/m^3, 437.42 CFU/m^3และ 392.97 CFU/m^3ตามลำดับ เชื้อแบคทีเรียที่พบมากที่สุดเหมือนกันทั้ง 3 โรงพยาบาล คือ *Bacillus* spp. โดยโรงพยาบาลชุมชนขนาด 30 เตียงโรงพยาบาลชุมชนขนาด 90 เตียงและโรงพยาบาลชุมชนขนาด 120 เตียง พบร้อยละ 24.64 ,42.60 และ 43.61 ตามลำดับ และเชื้อราที่พบมากที่สุดเหมือนกันทั้ง 3 โรงพยาบาล คือ *Aspergillus* spp. โดยโรงพยาบาลชุมชนขนาด 30 เตียง โรงพยาบาลชุมชนขนาด 90 เตียงและโรงพยาบาลชุมชนขนาด 120 เตียงพบร้อยละ 62.66, 28.18 และ 21.07 ตามลำดับ จุดที่พบเชื้อจุลินทรีย์มากที่สุดที่โรงพยาบาลชุมชนขนาด 90 เตียงและ 120 เตียง คือ หอผู้ป่วยนอก ส่วนโรงพยาบาลชุมชนขนาด 30 เตียงพบเชื้อจุลินทรีย์มากที่สุดที่คลินิกวัณโรค จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าในจุดที่เก็บตัวอย่างจะพบเชื้อรา *Aspergillus* spp. มากที่สุดซึ่งเป็นเชื้อฉวยโอกาส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมี อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 สารเคมี

3.1.1.1 อาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptic Soy Agar (TSA)

3.1.1.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ Malt Extract Agar (MEA)

3.1.1.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA)

3.1.1.4 แอลกอฮอล์ร้อยละ 70 และ 95

3.1.1.5 สีย้อมLactophenol cotton-blue

3.1.2 อุปกรณ์

3.1.2.1 ตู้อบลมร้อน

3.1.2.2 ตู้ถ่ายเชื้อ

3.1.2.3 ตู้บ่มเชื้อ

3.1.2.4 เครื่องหม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันสูง

3.1.2.5 เครื่องไมโครเวฟ

3.1.2.6 บีกเกอร์

3.1.2.7 กระบอกตวง

3.1.2.8 จานเพาะเชื้อชนิดแก้วและพลาสติก

3.1.2.9 ปิเปต

3.1.2.10 ลวดเขี่ยเชื้อ

3.1.2.11 แท่งแก้วรูปตัวแอล

3.1.2.12 ช้อนตักสาร

3.1.2.13 แท่งแก้วคนสาร

3.1.2.14 หลอดทดลอง

3.1.2.15 ตะเกียงแอลกอฮอล์

3.1.2.16 สไลด์และกระจกปิดสไลด์

3.1.2.17 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

3.1.2.18 ตู้เย็น 4 และ -20 องศาเซลเซียส

3.1.2.19 กล้องจุลทรรศน์

3.1.2.20 stage micrometer และ ocular micrometer

3.1.2.21 พาราฟิล์ม

3.1.2.22 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ MicroBio MB1 Air Sampler

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์

เก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ MicroBio MB1 Air Sampler

นำจานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ Malt Extract Agar (MEA) สำหรับเชื้อรา และอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptic Soy Agar(TSA) สำหรับเชื้อแบคทีเรีย มาวางบนเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ สำหรับจานอาหารเลี้ยงเชื้อนั้นเป็นจานอาหารชนิดพลาสติกเปิดเครื่องเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์เพื่อให้อากาศไหล โดยตั้งค่าเครื่องให้เก็บตัวอย่างอากาศด้วยอัตราการไหล 1 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา2 นาที ซึ่งตัวอย่างที่ทำการเก็บจะเก็บภายในคณะวิทยาศาสตร์ชั้นละ 2 จุด จุดละ 2 ซ้ำ เมื่อเครื่องปิดลง ให้เปิดฝาเครื่องและหยิบจานอาหารที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างออก ปิดฝาจานอาหารที่ได้ทำการเก็บตัวอย่าง นำจานอาหารที่ทำการเก็บตัวอย่างแล้วนั้นมาพันด้วยพาราฟิล์ม และทำการเก็บตัวอย่างใหม่ไปจนครบตามที่ได้กำหนดหลังจากนั้นทำการวัดค่าความชื้นและอุณหภูมิในแต่ละแห่งที่ทำการเก็บตัวอย่างไปพร้อมกัน ด้วยเครื่องด้วยเครื่องไฮโกรมิเตอร์แบบกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งบันทึกผลค่าที่ได้

นำจานอาหารที่ทำการเก็บตัวอย่างมาบ่มอาหาร Malt Extract Agar (MEA) บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วันอาหารTryptic Soy Agar(TSA) บ่มที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วันเมื่อครบกำหนดเวลาแล้วนำมานับจำนวนโคโลนีบันทึกผลที่ได้ และคำนวณในรูปแบบ CFU/m^3เก็บตัวอย่างของเชื้อราไว้เพื่อทำการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์สำหรับนำไปวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยา

ตารางที่ 3.1แสดงสถานที่และบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่าง

สถานที่เก็บตัวอย่าง	ชั้นที่เก็บตัวอย่าง	บริเวณที่เก็บตัวอย่าง	
		จุดที่1	จุดที่2
อาคารปฏิบัติหลังใหม่	1	ทางขึ้นอาคาร	หน้าลิฟท์
อาคารวิทยาศาสตร์	1, 2, 3, 4, 5	หน้าลิฟท์ของแต่ละชั้น	ทางเดินระหว่างชั้นของแต่ละชั้น
อาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1	1, 2, 3, 4, 5, 6	หน้าลิฟท์ของแต่ละชั้น	ทางเดินระหว่างชั้นของแต่ละชั้น
อาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 2	1, 2, 3, 4	หน้าลิฟท์ของแต่ละชั้น	ทางเดินระหว่างชั้นของแต่ละชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 แสดงเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ MicroBio MB1 Air Sampler

3.3 การแยกเชื้อรา

ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Malt Extract Agar (MEA) ที่อยู่ในจานอาหารชนิดแก้วนำตัวอย่างของเชื้อราที่เก็บได้จาก ข้อ 3.2 มาทำการแยกเชื้อราให้บริสุทธิ์ ด้วยวิธีการ Cross streakตรวจผลดูว่าเชื้อรานั้นบริสุทธิ์หรือไม่ ถ้ายังไม่บริสุทธิ์ก็ทำการ Cross streak จนกว่าจะได้เชื้อราที่บริสุทธิ์เมื่อได้เชื้อราที่มีโคโลนีเดี่ยวๆแล้ว จะทำการย้ายเชื้อลงอาหารเลี้ยงเชื้อจานใหม่ เพื่อสังเกตลักษณะโคโลนีด้วยวิธีการตัดปลายเส้นใยราโดยการใช้ cork borer เบอร์ 5 ซึ่งมีขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร ตัดเส้นใยที่บริเวณขอบโคโลนีพร้อมทั้งวุ้นอาหารออกเป็นชิ้นกลม แล้วใช้เข็มเขี่ยวุ้นที่มีเชื้อราเจริญอยู่ ไปวางไว้บนจุดกึ่งกลางของจานอาหารเลี้ยงเชื้อ MEA โดยคว่ำเอาด้านที่มีเส้นใยราเจริญอยู่ ให้สัมผัสกับอาหาร แล้วนำไปวางบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 7 วันเก็บ stock เชื้อราแต่ละไอโซเลตในหลอดอาหารเอียง MEA เพื่อทำการวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(A)

(B) (C)

รูปที่ 3.2 แสดงอุปกณ์ที่ใช้ในการแยกเชื้อรา; A: ตะเกียงแอลกอฮอล์ cork borerและเข็มเขี่ยเชื้อ;

B : ลักษณะการเจาะcork borer ลงบนเชื้อรา; C : ลักษณะเชื้อราที่บริสุทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา

เมื่อได้เชื้อราที่บริสุทธิ์แล้วนั้น จะนำมาศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา ด้วยวิธีการทำ slide culture (ภาคผนวก ข) หลังจากนั้นนำไปตรวจดูลักษณะของเชื้อราภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ดูลักษณะสปอร์และเส้นใยของเชื้อรา พร้อมกับวัดขนาดของสปอร์ ถ่ายภาพจากกล้องจุลทรรศน์เก็บไว้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์นำภาพถ่ายที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับเอกสารและหนังสือ Fungal biodiversity (Crous *et al.*, 2009) The biology of fungi (Ingold *et al.*,1993)การจำแนกราเส้นสายที่พบในอาหารและอากาศ (เสาวนิตย์,2006) รวมทั้งค้นคว้าจาก website ต่างๆ เพื่อระบุชนิดของเชื้อราที่พบและบันทึกผลการวิเคราะห์

รูปที่ 3.3แสดงกล้องจุลทรรศน์และเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

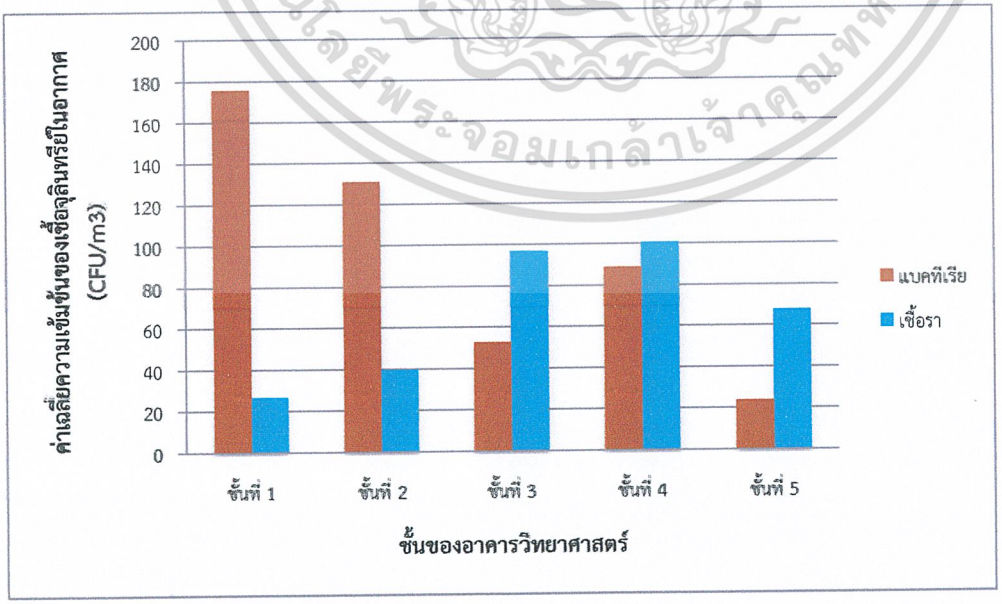
บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

จากการศึกษาการแพร่กระจายเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคารของคณะวิทยาศาสตร์จำนวน 4 อาคาร คือ อาคารวิทยาศาสตร์ อาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1 อาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 2 และอาคารปฏิบัติการหลังใหม่ และได้ทำการจัดจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อราที่จับอยู่กับอนุภาคในอากาศ ได้ทั้งหมด 11 ไอโซเลท รวมทั้งได้ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของแต่ละอาคารไว้ด้วย ซึ่งจากการวิจัยของ Hameed *et al.* (2011) พบว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เป็นตัวแปรคาดการณ์ที่มีผลมากที่สุดและเป็นพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยาเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อความอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์

4.1 ผลการศึกษาการแพร่กระจายเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคารคณะวิทยาศาสตร์

4.1.1 ผลการศึกษาการแพร่กระจายเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคารวิทยาศาสตร์

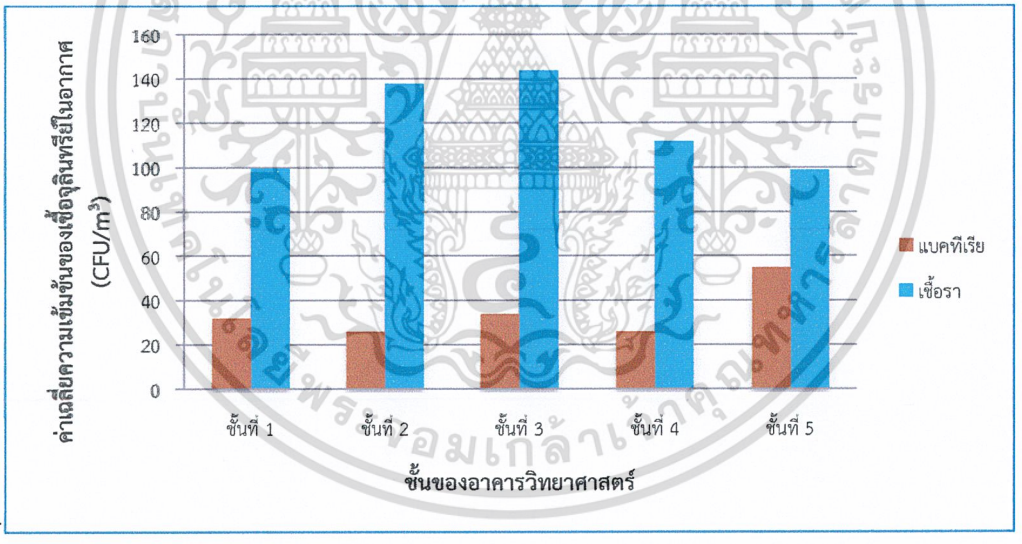
จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในอาคารวิทยาศาสตร์ ชั้นที่ 1 - 5 ครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2555 และทำการเก็บตัวอย่างอากาศครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 23 มกราคม พ.ศ. 2556ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ MicroBio MB1 Air Sampler ด้วยอัตราการไหล 1 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที แสดงผลการศึกษาในรูปที่ 4.1 และ 4.2ตามลำดับ ดังนี้



รูปที่ 4.1แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและราในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 1 ภายในอาคารวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 ภายในอาคารวิทยาศาสตร์ วัดอุณหภูมิได้เท่ากับ37องศาเซลเซียส และมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ93จากการสำรวจพบว่าบริเวณชั้น 1 มีปริมาณของเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ภายในอากาศสูงที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 176 CFU/m^3 และพบว่าบริเวณชั้น 5 มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ภายในอากาศน้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ24 CFU/m^3 ส่วนปริมาณของเชื้อราที่อยู่ภายในอากาศ พบว่าบริเวณชั้น 4 มีปริมาณเชื้อราที่อยู่ในอากาศสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 101 CFU/m^3 และบริเวณชั้น 1 มีปริมาณเชื้อราที่อยู่ในอากาศน้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27 CFU/m^3 จากรูปจะเห็นว่าเชื้อแบคทีเรียที่ชั้น 1 จะพบมากที่สุด เนื่องจากบริเวณชั้นนี้จะมีผู้มาใช้อาคารเป็นจำนวนมาก จึงนำพาเชื้อแบคทีเรียจากที่อื่นๆ เข้ามาด้วย อีกทั้งบริเวณชั้น 1 อยู่ใกล้กับพื้นถนนมากที่สุด ทำให้มีฝุ่นละอองที่แบคทีเรียเกาะอยู่ปลิวเข้ามา ในอาคารได้ ส่วนปริมาณเชื้อราที่มากที่สุดจะพบในชั้นที่ 4 เนื่องจากบริเวณชั้นนี้เป็นชั้นเรียนวิชาปฏิบัติการของภาควิชาวิทยา ซึ่งมีการทำการทดลองที่เกี่ยวกับเชื้อราและแบคทีเรีย ซึ่งเป็นไปได้ว่าสปอร์ของเชื้อราอาจปลิวออกมาขณะที่ทำการทดลองอยู่ก็เป็นได้



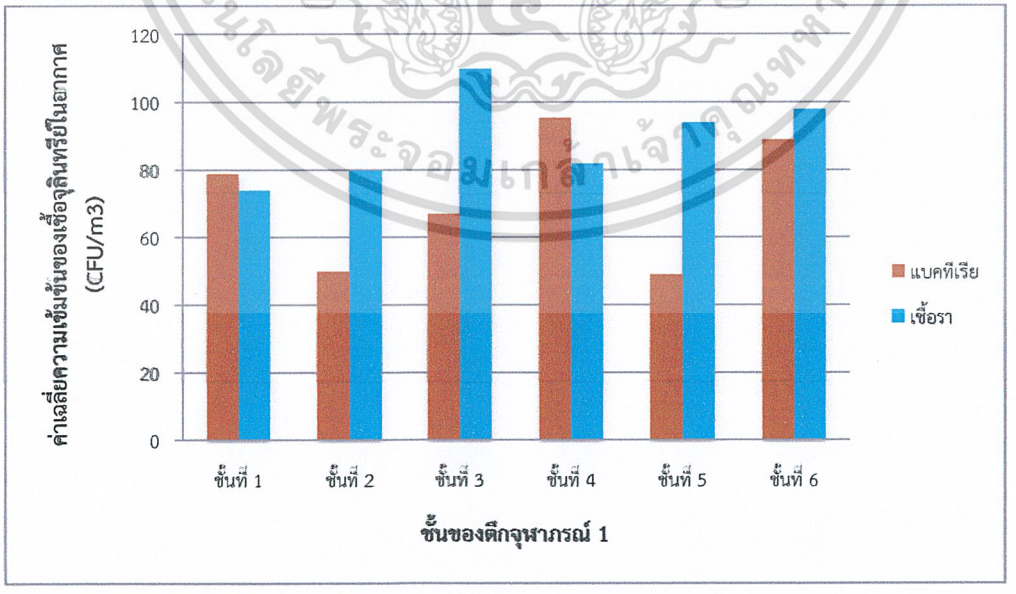
รูปที่ 4.2 แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและราในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 2 ภายในอาคารวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่4.2แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2ภายในอาคารวิทยาศาสตร์ วัดอุณหภูมิได้เท่ากับ34องศาเซลเซียส และมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ73 จากการสำรวจพบว่าบริเวณชั้น 5 มีปริมาณของเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ภายในอากาศสูงที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 55 CFU/m^3 และพบว่าบริเวณชั้น 2 มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ภายในอากาศน้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26 CFU/m^3 ส่วนปริมาณของเชื้อราที่อยู่ภายในอากาศ พบว่าบริเวณชั้น 3มีปริมาณเชื้อราที่อยู่ในอากาศสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 144 CFU/m^3 และบริเวณชั้น 5 มีปริมาณเชื้อราที่อยู่ในอากาศน้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 99 CFU/m^3 จากรูปดังกล่าวจะเห็นว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียมีน้อยกว่าปริมาณเชื้อรา เนื่องจากอุณหภูมิ ความชื้น และสภาพอากาศไม่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย แต่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อรามากกว่า

4.1.2 ผลการศึกษาการแพร่กระจายเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1

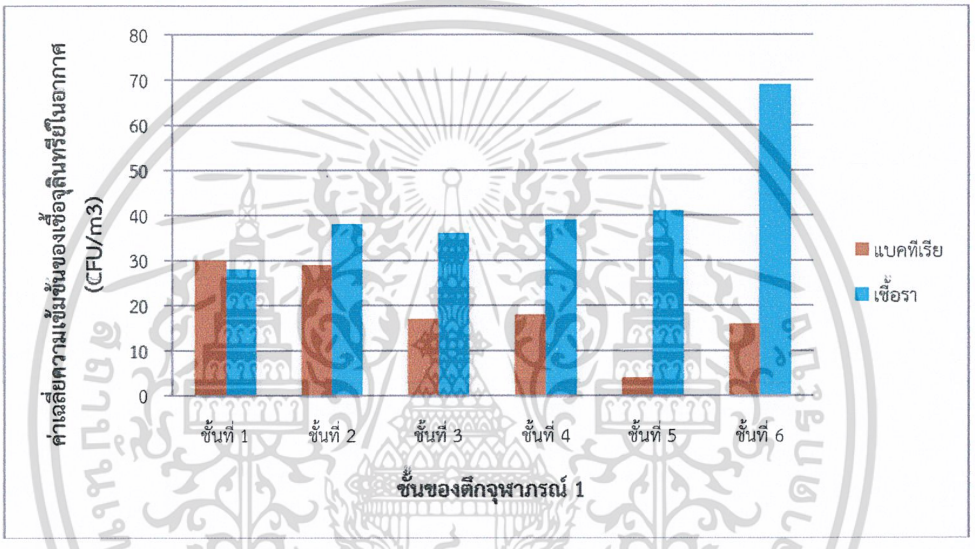
จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในอาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1 ชั้นที่ 1 - 6 ครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2555และทำการเก็บตัวอย่างอากาศครั้งที่2 เมื่อวันที่ 23 มกราคม พ.ศ.2556ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ MicroBio MB1 Air Sampler ด้วยอัตราการไหล 1 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที แสดงผลการศึกษาในรูปที่ 4.3และ 4.4 ตามลำดับ ดังนี้



รูปที่ 4.3แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและราในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 1 ภายในอาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่4.3 แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1ภายในอาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1วัดอุณหภูมิได้เท่ากับ36องศาเซลเซียสและมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ95 จากการสำรวจพบว่าบริเวณชั้น 4 มีปริมาณของเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ภายในอากาศสูงที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 95.5 CFU/m^3 และพบว่าบริเวณชั้น 5 มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ภายในอากาศน้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49 CFU/m^3 ส่วนปริมาณของเชื้อราที่อยู่ภายในอากาศ พบว่าบริเวณชั้น 3มีปริมาณ เชื้อราที่อยู่ในอากาศสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 110 CFU/m^3 และบริเวณชั้น 1 มีปริมาณเชื้อราที่อยู่ในอากาศน้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 74 CFU/m^3



รูปที่ 4.4แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและราในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 2 ภายในอาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1

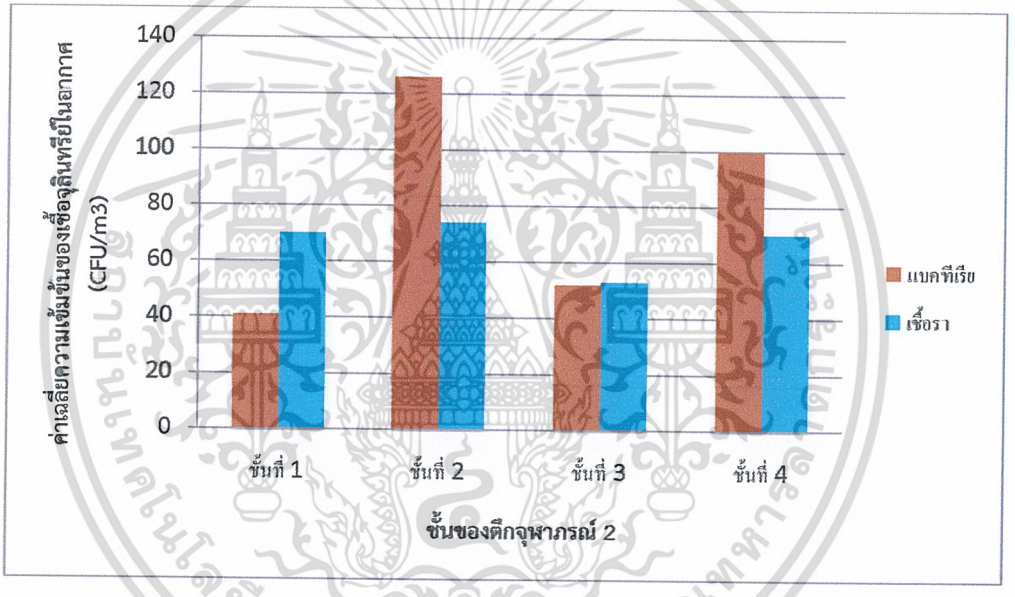
จากรูปที่4.4 แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2ภายในอาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1 วัดอุณหภูมิได้เท่ากับ33องศาเซลเซียส และมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ72จากการสำรวจพบว่าบริเวณชั้น 1 มีปริมาณของเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ภายในอากาศสูงที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30 CFU/m^3 และพบว่าบริเวณชั้น 5 มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ภายในอากาศน้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4 CFU/m^3 ส่วนปริมาณของเชื้อราที่อยู่ภายในอากาศ พบว่าบริเวณชั้น 6มีปริมาณเชื้อราที่อยู่ในอากาศสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 69 CFU/m^3 และบริเวณชั้น 1 มีปริมาณเชื้อราที่อยู่ในอากาศน้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28 CFU/m^3 จากภาพจะเห็นว่าปริมาณ เชื้อแบคทีเรียจะน้อยกว่าเชื้อรา เพราะอุณหภูมิ ความชื้น และสภาพอากาศไม่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย แต่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อรามากกว่า และโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของอาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1 มีลักษณะเปิดโล่ง อากาศถ่ายเทได้สะดวกในทุกๆชั้น ทำให้พบเชื้อจุลินทรีย์ในปริมาณที่ไม่เกิน 100 CFU/m^3

4.1.3 ผลการศึกษาการแพร่กระจายเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 2

จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในอาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 2 ชั้นที่ 1 - 4 ครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2555และทำการเก็บตัวอย่างอากาศครั้งที่ 2เมื่อวันที่ 23 มกราคม พ.ศ.2556ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ MicroBio MB1 Air Sampler ด้วยอัตราการไหล 1 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที แสดงผลการศึกษาในรูปที่ 4.5และ 4.6 ตามลำดับ ดังนี้

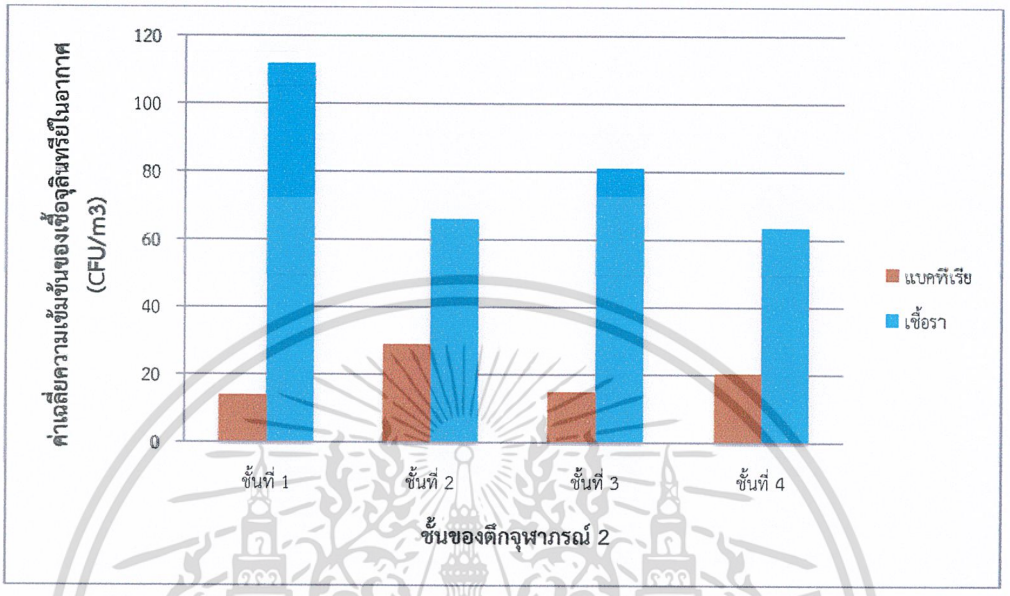


รูปที่ 4.5แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและราในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 1 ภายในอาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 2

จากรูปที่4.5 แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 1 ภายในอาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 2วัดอุณหภูมิได้เท่ากับ36 องศาเซลเซียสและมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ91จากการสำรวจพบว่าบริเวณชั้น 2 มีปริมาณของเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ภายในอากาศสูงที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 126 CFU/m^3 และพบว่าบริเวณชั้น 1 มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ภายในอากาศน้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41 CFU/m^3 ส่วนปริมาณของเชื้อราที่อยู่ภายในอากาศ พบว่าบริเวณชั้น 2มีปริมาณ เชื้อราที่อยู่ในอากาศสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 74 CFU/m^3 และบริเวณชั้น 3 มีปริมาณเชื้อราที่อยู่ในอากาศน้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53 CFU/m^3 จากภาพ จะเห็นว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในชั้น 2 จะพบมากที่สุด เนื่องจากบริเวณ ชั้น 2 จะมีนักศึกษาเข้ามาใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์เป็นจำนวนมาก รวมถึงเป็นห้องกระจก อากาศถ่ายเทไม่สะดวกเท่ากับชั้นอื่นๆ



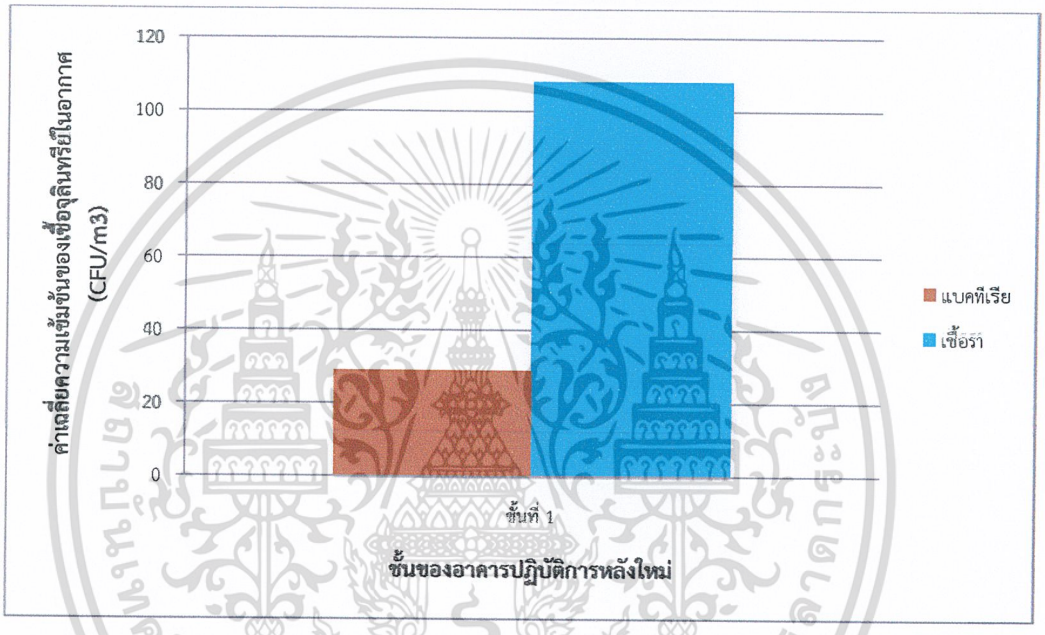
รูปที่ 4.6แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและราในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 2 ภายในอาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 2

จากรูปที่4.6 แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 2ภายในอาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 2วัดอุณหภูมิได้เท่ากับ32 องศาเซลเซียส และมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ74จากการสำรวจพบว่าบริเวณชั้น 2 มีปริมาณของเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ภายในอากาศสูงที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29 CFU/m^3 และพบว่าบริเวณชั้น 1 มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ภายในอากาศน้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14 CFU/m^3 ส่วนปริมาณของเชื้อราที่อยู่ภายในอากาศ พบว่าบริเวณชั้น 1มีปริมาณเชื้อราที่อยู่ในอากาศสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 112 CFU/m^3 และบริเวณชั้น 4 มีปริมาณเชื้อราที่อยู่ในอากาศ**น้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.5** CFU/m^3 **จากภาพจะเห็นว่าปริมาณ** เชื้อแบคทีเรียจะน้อยกว่าเชื้อรา เพราะอุณหภูมิ ความชื้น และสภาพอากาศไม่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย แต่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อรามากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ผลการศึกษาการแพร่กระจายเชื้อจุลินทรีย์ภายในอาคารปฏิบัติการหลังใหม่

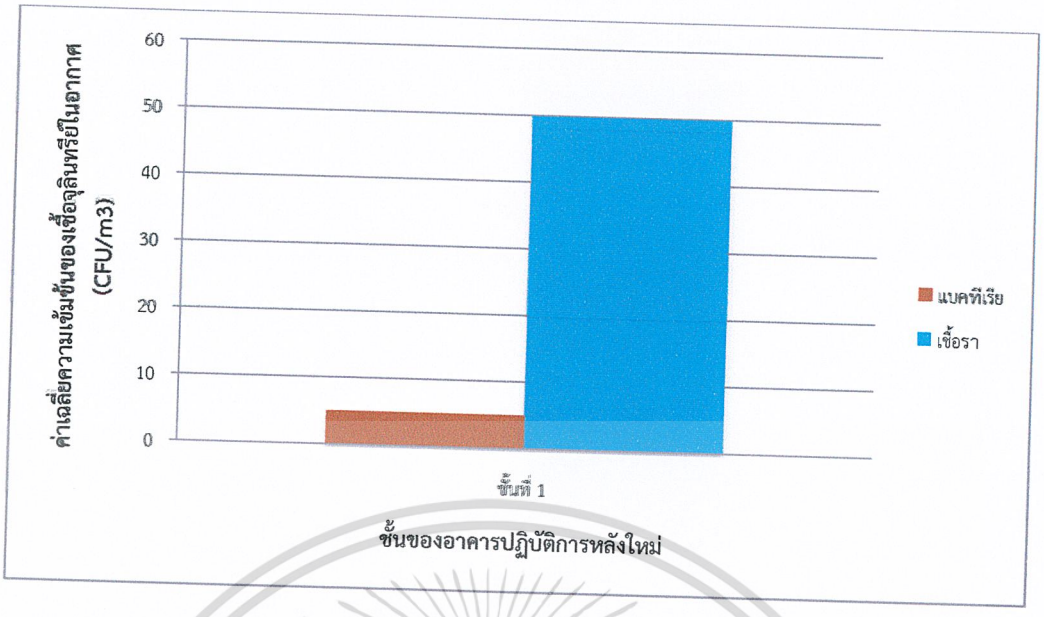
จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในอาคารปฏิบัติการหลังใหม่ ชั้นที่ 1 ครั้งที่ 1เมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2555และทำการเก็บตัวอย่างอากาศครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 23 มกราคม พ.ศ. 2556ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ MicroBio MB1 Air Sampler ด้วยอัตราการไหล 1 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที แสดงผลการศึกษาในรูปที่ 4.5และ 4.6 ตามลำดับ ดังนี้



รูปที่ 4.7แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและราในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 1 ภายในอาคารปฏิบัติการหลังใหม่

จากรูปที่ 4.7 แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและราในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 1 ภายในอาคารปฏิบัติการหลังใหม่ ชั้นที่ 1 วัดอุณหภูมิได้ 36 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ96ซึ่งพบว่าปริมาณของเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ภายในอากาศ มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเท่ากับ 29 CFU/m^3 ส่วนปริมาณของเชื้อราที่อยู่ภายในอากาศมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเท่ากับ 108 CFU/m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและราในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 2 ภายในอาคารปฏิบัติการหลังใหม่

จากรูปที่ 4.8 แสดงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและราในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 2 อาคารปฏิบัติการหลังใหม่ ชั้นที่ 1 วัดอุณหภูมิได้ 33 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ73ซึ่งพบว่าปริมาณของเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ภายในอากาศ มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเท่ากับ 5 CFU/m^3 ส่วนปริมาณของเชื้อราที่อยู่ภายในอากาศมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเท่ากับ 50 CFU/m^3

จากรูปที่ 4.7 และ 4.8 แสดงให้เห็นว่าแต่ปริมาณเชื้อแบคทีเรียจะพบน้อยกว่าปริมาณเชื้อรา เนื่องจากบริเวณอาคารปฏิบัติการหลังใหม่ชั้น 1 อยู่สูงกว่าอาคารอื่นๆ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จึงพบไม่มาก ถึงแม้ว่าจะมีการทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ อาจเป็นเพราะว่าสปอร์ของเชื้อราจะทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าแบคทีเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1แสดงชนิดเชื้อราแต่ละไอโซเลทที่พบในอาคารต่างๆ

อาคาร		รหัสไอโซเลทของเชื้อรา										
		A-01	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	C-01	G-01	G-02	T-01	N-01
วิทยาศาสตร์ (เก่า)	ชั้น 1		/	/	/		/		/	/		/
	ชั้น 2	/	/	/		/		/		/		
	ชั้น 3	/	/	/	/		/	/	/	/	/	
	ชั้น 4	/	/	/	/	/	/		/	/	/	/
	ชั้น 5		/		/	/		/				/
จุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1	ชั้น 1	/	/			/	/		/		/	
	ชั้น 2	/		/		/		/	/	/		
	ชั้น 3	/	/	/	/	/	/	/	/			/
	ชั้น 4	/	/	/		/	/			/	/	
	ชั้น 5			/	/				/	/	/	/
	ชั้น 6	/		/	/	/					/	
จุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 2	ชั้น 1	/	/		/		/	/		/		/
	ชั้น 2	/	/	/	/	/			/		/	
	ชั้น 3			/	/		/	/		/		/
	ชั้น 4		/			/		/		/		
ปฏิบัติการหลังใหม่	ชั้น 1	/	/			/	/		/			

จากตารางที่ 4.1 พบว่าปริมาณเชื้อรากลุ่มที่ 2 คือเชื้อรารหัสไอโซเลท B-01 , B-04 ,B-05 , C-01 , G-01 และG-02 พบมากที่สุดจำนวน 58 แห่ง ในขณะที่เชื้อรา กลุ่มที่ 5 ได้แก่ไอโซเลท N-01พบน้อยที่สุดคือ 7 แห่งส่วนเชื้อกลุ่มที่3 ได้แก่ ไอโซเลท B-02และ T-01 พบ 18 แห่ง , กลุ่มที่ 1 คือไอโซเลท A-01 พบ11 แห่ง และกลุ่มที่ 4 คือไอโซเลท B-03 พบ10 แห่ง

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิที่วัดได้ ณ อาคารที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2555

อาคาร	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
วิทยาศาสตร์	93	37
จุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1	95	36
จุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 2	91	36
ปฏิบัติการหลังใหม่	96	36

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิที่วัดได้ ณ อาคารที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 23 มกราคม พ.ศ. 2556

อาคาร	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
วิทยาศาสตร์	73	34
จุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1	72	33
จุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 2	74	32
ปฏิบัติการหลังใหม่	73	33

จากการวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอาคารที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ โดยครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2555 ว่ามีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ร้อยละ93.75และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเท่ากับ 36.25 องศาเซลเซียส ครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 23 มกราคม พ.ศ. 2556 พบว่ามีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ร้อยละ73 และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเท่ากับ 33 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในครั้งที่ 1 มากกว่าครั้งที่ 2 ซึ่งจากการศึกษาของ Dubey *et al.*(2011) พบว่าจำนวนเชื้อราที่พบมากที่สุดได้บันทึกไว้ในฤดูหนาว เนื่องจากอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝนเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา Pastuszka *et al.* (1999)ได้ศึกษาละอองเชื้อราและแบคทีเรียในสภาพแวดล้อมภายในอาคารในแคว้นซิลีเซียประเทศโปแลนด์ เพื่อหาระดับความเข้มข้นของละอองเชื้อราและแบคทีเรียที่มีผลต่อสุขภาพและเชื้อราในบ้านเช่นเดียวกับห้องสำนักงานเขตอุตสาหกรรมในแคว้นซิลีเซีย กล่าวว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของเชื้อราและแบคทีเรียไม่ได้เป็นไปอย่างปกติขึ้นอยู่กับประเภทของบ้าน วัสดุอาคาร ปัจจัยทางภูมิศาสตร์และมลพิษทางอากาศอีกด้วย

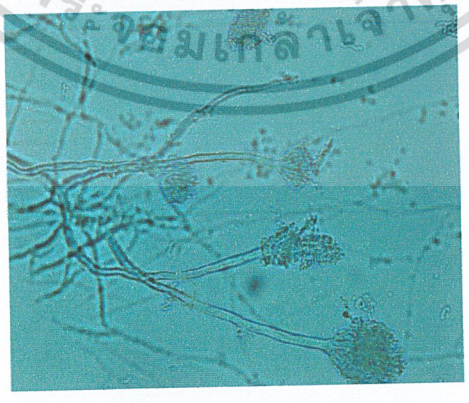
4.2 ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานทางวิทยา

จากการศึกษาลักษณะของโคโลนี ลักษณะเส้นใยและรูปร่างโคนิเดียภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ของเชื้อราสามารถแบ่งเชื้อราได้ออกเป็นไอโซเลตได้จำนวน 11ไอโซเลท

รหัสเชื้อรา A-01

ลักษณะของเชื้อรา: ลักษณะโคโลนีของเชื้อราอายุ 4 วัน บนอาหาร MEA สปอร์มีสีเหลือง เส้นใยมีสีขาว

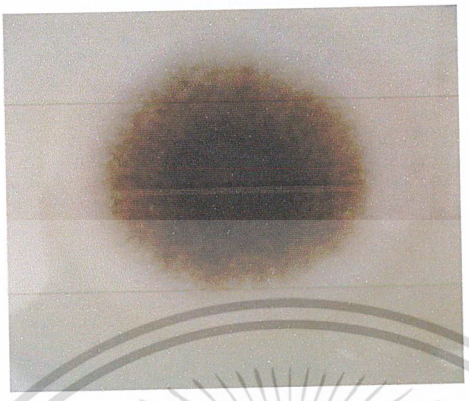
รูปที่ 4.9แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อรา *Penicillium* sp. อายุ 4 วัน บนอาหาร MEA ที่อุณหภูมิห้อง



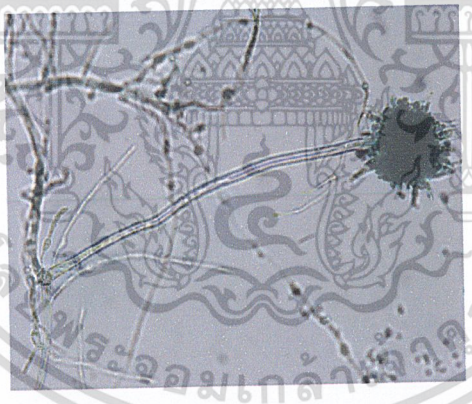
รูปที่ 4.10แสดงลักษณะเชื้อรา *Penicillium* sp.จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า รหัสเชื้อรา B-01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของเชื้อรา: ลักษณะโคโลนีของเชื้อราที่มีอายุ 4 วัน บนอาหาร MEA พบว่าสปอร์มีสีดำ เส้นใยสีขาว เมื่อพลิกเพลทอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่าอาหารได้เกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีขาวเหลือง อาหารไม่มีรอยแยก



รูปที่4.11แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อ *Aspergillus* sp. strain I อายุ 4 วัน บนอาหาร MEAที่อุณหภูมิห้อง

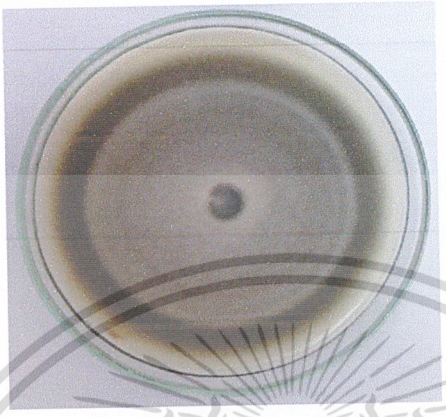


รูปที่4.12แสดงลักษณะเชื้อรา *Aspergillus* sp. strain I จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า

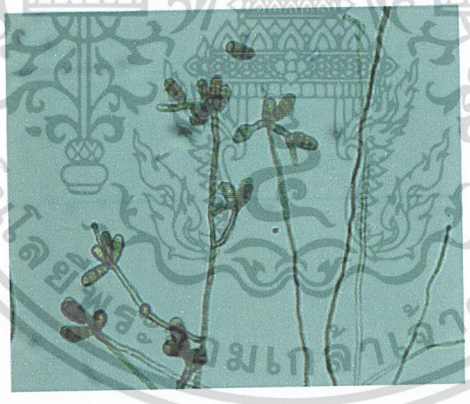
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสเชื้อราB-02

ลักษณะของเชื้อรา: ลักษณะโคโลนีของเชื้อรามีอายุ 4 วัน บนอาหาร MEA สังเกตเห็นสปอร์สีดำ เส้นใยสีขาว เมื่อพลิกดูใต้เพลทพบว่าอาหารเปลี่ยนเป็นสีดำ



รูปที่4.13 แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อรา *Curvularia* sp. strain I อายุ 4 วัน บนอาหาร MEA ที่อุณหภูมิห้อง

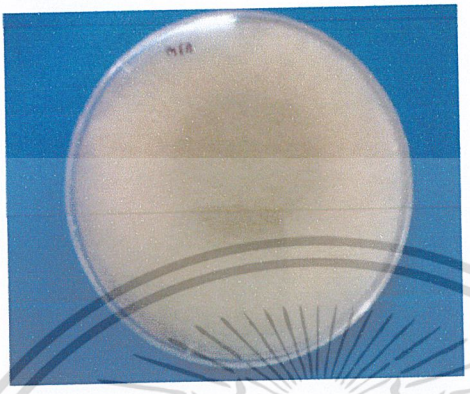


รูปที่4.14แสดงลักษณะเชื้อรา *Curvularia* sp. strain I จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสเชื้อรา B-03

ลักษณะของเชื้อรา: ลักษณะโคโลนีของเชื้อรามีอายุ 4 วัน บนอาหาร MEA สังเกตเห็นสปอร์มีสีดำ เส้นใยสีขาว และเส้นใยนั้นจะมีลักษณะชี้ฟูเต็มเพลท



รูปที่4.15แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อ *Rhizopus* sp.

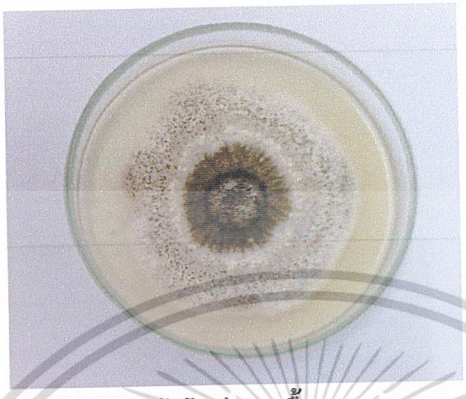
อายุ 4 วัน บนอาหาร MEA ที่อุณหภูมิห้อง

รูปที่ 4.16แสดงลักษณะเชื้อรา *Rhizopus* sp.จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า

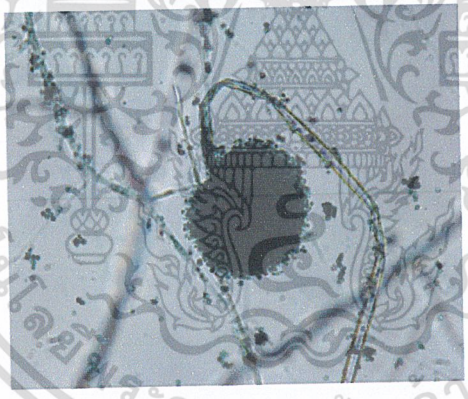
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสเชื้อรา B-04

ลักษณะของเชื้อรา: ลักษณะโคโลนีของเชื้อรามีอายุ 4 วัน บนอาหาร MEA สังเกตเห็นสปอร์สีดำ เส้นใยสีขาวเมื่อพลิกอาหารจะพบว่าอาหารมีรอยแตก



รูปที่ 4.17แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อรา *Aspergillus niger* อายุ 4 วัน บนอาหาร MEA ที่อุณหภูมิห้อง

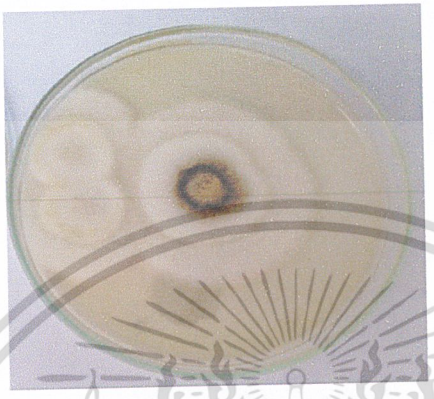


รูปที่ 4.18 แสดงลักษณะเชื้อรา *Aspergillus niger* จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า

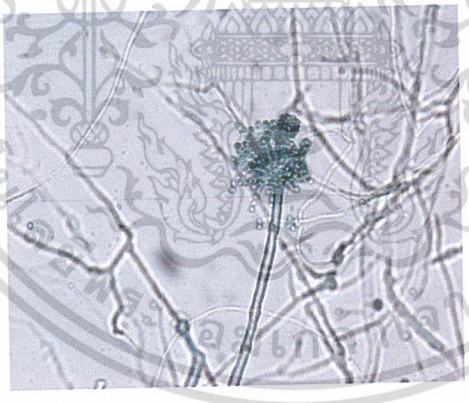
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสเชื้อรา B-05

ลักษณะของเชื้อรา: ลักษณะโคโลนีของเชื้อรามีอายุ 4 วัน บนอาหาร MEA สังเกตเห็นสปอร์มีสีดำ เส้นใยสีขาว



รูปที่ 4.19แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อรา *Aspergillus* sp. strain II อายุ 4 วัน บนอาหาร MEAที่อุณหภูมิห้อง

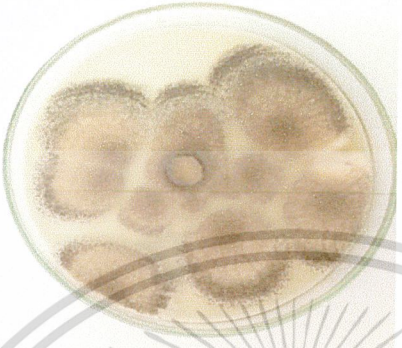


รูปที่ 4.20แสดงลักษณะเชื้อรา*Aspergillus* sp. strain II จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสเชื้อรา C-01

ลักษณะของเชื้อรา: ลักษณะโคโลนีของเชื้อรามีอายุ 4 วันบนอาหาร MEA สังเกตเห็นสปอร์มีสีน้ำตาล และเส้นใยสีดำ



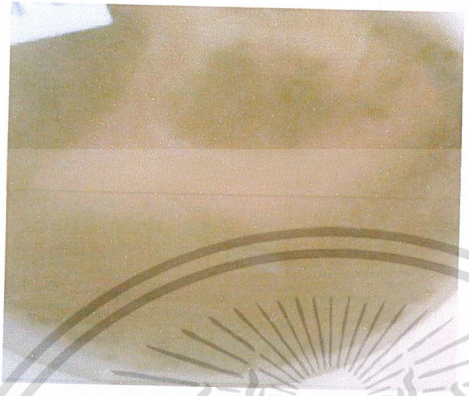
รูปที่4.21แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อรา *Aspergillus* sp. strain III อายุ 4 วัน บนอาหาร MEAที่อุณหภูมิห้อง

รูปที่4.22 แสดงลักษณะเชื้อรา *Aspergillus* sp. strain III จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสเชื้อรา G-01

ลักษณะของเชื้อรา: ลักษณะโคโลนีของเชื้อรามีอายุ 4 วันบนอาหาร MEA สังเกตเห็นสปอร์มีสีเขียวอ่อน เส้นใยสีขาว



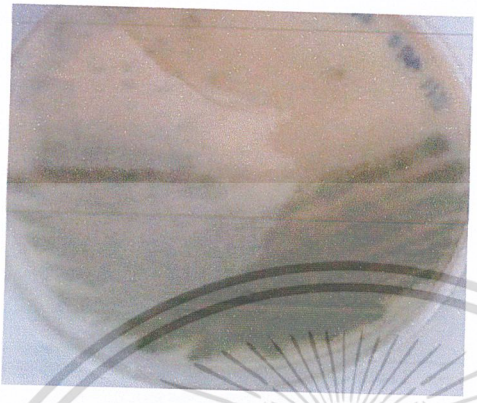
รูปที่4.23 แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อรา *Aspergillus* sp. strain IV อายุ 4 วัน บนอาหาร MEAที่อุณหภูมิห้อง

รูปที่ 4.24 แสดงลักษณะเชื้อรา *Aspergillus* sp. strain IV จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสเชื้อรา G-02

ลักษณะของเชื้อรา: ลักษณะโคโลนีของเชื้อรามีอายุ 4 วันบนอาหาร MEA สังเกตเห็นสปอร์สีเขียวเข้ม เส้นใยสีขาว



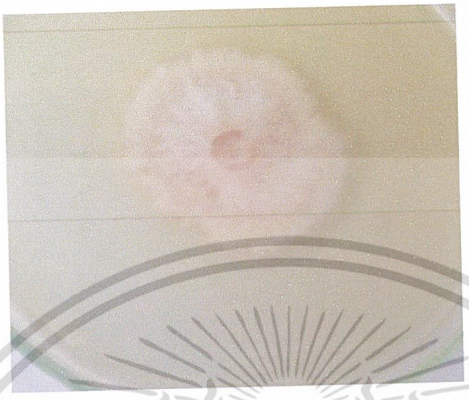
รูปที่4.25 แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อรา *Aspergillus* sp. strain V อายุ 4 วัน บนอาหาร MEA ที่อุณหภูมิห้อง

รูปที่ 4.26 แสดงลักษณะเชื้อรา *Aspergillus* sp. strain V จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสเชื้อรา N-01

ลักษณะของเชื้อรา: ลักษณะโคโลนีของเชื้อรามีอายุ 4 วัน บนอาหาร MEA เส้นใยสีชมพูอ่อน เส้นใยฟู



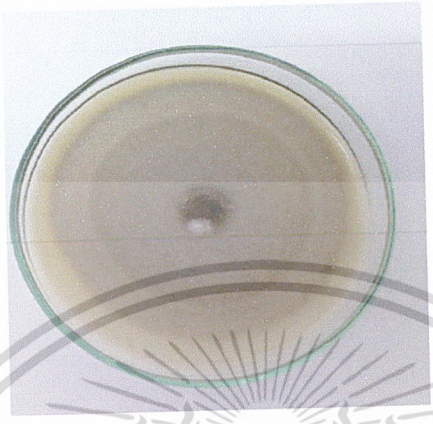
รูปที่4.27 แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อรา *Fusarium* sp. อายุ 4 วัน บนอาหาร MEA ที่อุณหภูมิห้อง

รูปที่ 4.28 แสดงลักษณะเชื้อรา *Fusarium* sp. จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสเชื้อรา T-01

ลักษณะของเชื้อรา : ลักษณะโคโลนีของเชื้อรามีอายุ 4 วัน บนอาหาร MEA สังเกตเห็นเส้นใยสีขาวเมื่อพลิกอาหารพบว่าอาหารเกิดการเปลี่ยนสี เป็นสีดำ



รูปที่4.29 แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อรา *Curvularia* sp. strain II อายุ 4 วัน บนอาหาร MEAที่อุณหภูมิห้อง

รูปที่ 4.30 แสดงลักษณะเชื้อรา *Curvularia* sp. strain II จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.4 แสดงลักษณะของเชื้อราและสกุลของเชื้อราที่พบจากการสังเกตดูด้วยตาเปล่าและจากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์

กลุ่ม	รหัส	Genus	ลักษณะ
1	A-01	*Penicillium*	สปอร์มีสีเหลืองเขียว เส้นใยสีขาว โคโลนีเป็นแบบกำมะหยี่ จากเพลทสังเกตพบการสร้างหยดน้ำใสบนเส้นใย เส้นใยมีผนังกั้น พบโคนิดิโอฟอร์จะแตกกิ่งก้านคล้ายแปรง
2	B-01 B-04 B-05 C-01 G-01 G-02	*Aspergillus*	เชื้อรารหัส B-01 , B-04 และ B-05 สปอร์มีสีดำ เชื้อรารหัส C-01 สปอร์สีน้ำตาล เชื้อรารหัส G-01และG-02 สปอร์มีสีเขียว พบเส้นใยสีขาวเส้นใยมีผนังกั้น หัวโคนิเดียพบแบบเรดิเอทและคอลัมนาเวสซิเคิลมีรูปร่างกลมถึงค่อนข้างกลม
3	B-02 T-01	*Curvularia*	สปอร์มีสีดำ เส้นใยสีขาวอาหารด้านหลังเพลทมีสีดำ เส้นใยมีผนังกั้น โคนิเดียมีสีดำ ภายในโคนิเดียมมีผนังกั้นตามขวางมีผนังกั้นตามขวาง 3 อัน
4	B-03	*Rhizopus*	สปอร์มีสีดำ เส้นใยสีขาว ลักษณะฟูเต็มเพลท เส้นใยไม่มีผนังกั้น พบคอลัมเมลารูปร่างค่อนข้างกลม สร้างก้านชูอับสปอร์ที่ขึ้นตรงข้ามกับไรซอยด์
5	N-01	*Fusarium*	ลักษณะเส้นใยสีชมพู ฟูคล้ายปุยฝ้าย เส้นใยมีผนังกั้น พบมาโครโคนิเดียมีรูปร่างโค้งงอ คล้ายกระสวยแคบๆ รูปเคียวถึงเกือบตรง มีผนังกั้น 5 อัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่4.1และตารางที่ 4.4 จะพบปริมาณเชื้อรา *Aspergillus* sp.คิดเป็นร้อยละ55.77 เชื้อรา *Curvularia* sp. คิดเป็นร้อยละ17.31เชื้อรา*Fusarium* sp. คิดเป็นร้อยละ 6.73 เชื้อรา *Rhizopus* sp. คิดเป็นร้อยละ 17.31 และเชื้อรา *Penicillium* sp. คิดเป็นร้อยละ 10.57จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่า เชื้อรา *Aspergillus* sp. พบมากที่สุด และเชื้อรา *Fusarium* sp. พบน้อยที่สุดซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของศิริพรและกาญจนา (2555)ที่ได้ศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศที่ก่อโรคในโรงพยาบาล พบชนิดของเชื้อแบคทีเรียในโรงพยาบาลชุมชนที่ทำการศึกษาทั้งหมด 8 ชนิดจำแนกเชื้อได้เป็น 2 กลุ่มคือ เชื้อที่สามารถก่อโรคได้ 1 ชนิดคือ *Acinetobacter* spp. และเชื้อชนิดไม่ก่อโรค 7 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus* spp., *Staphylococcus* spp., *Diphtheroid* spp., *Micrococcus* spp., *Streptococcus* spp., *Bacillus* spp. และ *Fusarium* spp. เชื้อราที่พบมากที่สุดเหมือนกันทั้ง 3 โรงพยาบาลคือ *Aspergillus* spp.ซึ่งเป็นเชื้อฉวยโอกาสและสอดคล้องกับการศึกษาของRahman *et al.* (2011) ที่ได้ศึกษาอุบัติการณ์และการแก้ไขปัญหาเชื้อราภายในอาคารซึ่งมีความเป็นพิษในอากาศใน Universiti Sains Malaysia (USM) เมือง Pulau Pinang ประเทศมาเลเซีย จะพบเชื้อรา *Aspergillus* sp. มากที่สุด ในขณะที่เชื้อรา *Fusarium* sp. พบน้อยที่สุดในอาคาร โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาคือ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 23-32 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ร้อยละ 67 - 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการแพร่กระจายและเปรียบเทียบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคารคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง จำนวน 4 อาคาร รวมทั้งหมด 16 ชั้น ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดของเชื้อแบคทีเรียภายในอากาศในอาคารวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 94.6 CFU/m^3 และพบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดของเชื้อราภายในอากาศในอาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1 มีค่าเท่ากับ 89.67 CFU/m^3 ในการเก็บตัวอย่างอากาศครั้งที่ 2 เดือนมกราคม พ.ศ.2556 พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดของเชื้อแบคทีเรียภายในอากาศในอาคารวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 34.6 CFU/m^3 และพบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดของเชื้อราภายในอากาศในอาคารวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 118.6 CFU/m^3 และเมื่อทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพื่อบ่งชี้สกุลของเชื้อรา พบว่าสามารถจำแนกได้ 11ไอโซเลท แบ่งเป็นสกุลได้ 5 สกุล คือ *Aspergillus, Curvularia, Penicillium, Fusarium*และ*Rhizopus*ได้ทั้งหมด 11สายพันธุ์ ดังนี้

1. เชื้อรา *Aspergillus* จำนวน 6 สายพันธุ์ ได้แก่
   - 1.1 *Aspergillus* sp. strain I
   - 1.2 *Aspergillus* sp. strain II
   - 1.3 *Aspergillus* sp. strain III
   - 1.4 *Aspergillus* sp. strain IV
   - 1.5 *Aspergillus* sp. strain V
   - 1.6 *Aspergillus niger*
2. เชื้อรา *Curvularia* จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่
   - 2.1 *Curvularia* sp. strain I
   - 2.2 *Curvularia* sp. strain II
3. เชื้อรา *Penicillium* sp.
4. เชื้อรา *Fusarium* sp.
5. เชื้อรา *Rhizopus* sp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะพบว่าปริมาณเชื้อรา *Aspergillus* sp. พบมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ55.77 จากเชื้อราทั้งหมดในขณะที่เชื้อรา *Fusarium* sp. พบน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 6.73 ส่วนเชื้อรา *Curvularia* sp. , *Penicillium* sp. และ *Rhizopus* sp. คิดเป็นร้อยละ 17.31 , ร้อยละ 10.57 และร้อยละ 9.61 ตามลำดับ

จากการสำรวจพบว่าอากาศภายในอาคารที่พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มากที่สุด คือ อาคารวิทยาศาสตร์ รองลงมาคือ อาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1 , จุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 2 และอาคารปฏิบัติการหลังใหม่ ตามลำดับ ซึ่งบริเวณที่พบเชื้อจุลินทรีย์ในปริมาณมากนั้น เป็นบริเวณที่มีผู้คนมาใช้บริการเป็นจำนวนมากด้วยเช่นกัน อีกทั้งยังมีปัจจัยหลายๆ อย่างที่เกี่ยวข้อง เช่น สภาพอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ รวมถึงลักษณะโครงสร้างภายในของอาคาร การถ่ายเทอากาศ เป็นต้น

ดังนั้นสามารถประเมินได้ว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราภายในอาคารคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้จากทางองค์การอนามัยโลก (WHO) คือ ไม่เกิน 500 CFU/m^3 จึงถือว่าไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้อาคาร

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาลักษณะทางจีโนไทป์ของเชื้อแบคทีเรียและรา

5.2.2 ควรทำการศึกษาและตรวจสอบการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและราในอากาศทั้งภายในและภายนอกอาคาร

5.2.3 ควรศึกษาวิธีการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

5.2.4 ควรศึกษาวิธีการแก้ไขหากมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศที่มากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กฤษณียา ศังขจันทรานนท์. 2548. ชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อโรคในโรงพยาบาล การเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมือเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น. พ.ศ.2548.

ทวี เวชพฤติ. 2544. สภาวะความสุขสบายและคุณภาพอากาศในอาคาร. สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย.

นงลักษณ์สุวรรณพินิจ, ปรีชาสุวรรณพินิจ. 2539. จุลชีววิทยาทั่วไป. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริพร ศรีเทวิณ, กาญจนา นาถะพินธุ. 2553. การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศในโรงพยาบาลขนาดที่แตกต่างกัน. วารสาร มฉก. วิชาการ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. 13(26), 65-80.

สมใจ ศิริโภค. 2547. จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เสาวนิตย์ ชอบบุญ. 2550. การจำแนกราเส้นสายที่พบในอาหารและอากาศ.พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ภาพพิมพ์.

Crous, P.W., Verkley, G.J.M., Groenewald, J.Z., Samson, R.A. 2009. Fungal Biodiversity. Fungal Biodiversity Centre. Utrecht, Netherlands. pp. 1-269.

Du, C. Lin, S.K. Koutinas, A. Wang, R., Dorado, P. Webb, C. 2008. A wheat biorefining strategy based on solid-state fermentation for fermentative production of succinic acid. Bioresource Technology.17, 8310–8315.

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.3(4), 13-14.

Domsch, K.H., Gams, W., Anderson, T.H. 1980. Compendium of soil fungi. Academic Press. London, UK. pp. 1-865.

Hameed,A.A.A., Khoder, M.I., Ibrahim, Y.H., Saeed, Y., Osman, M.E., Ghanem, S. 2011. Study on some factors affecting survivability of airborne fungi. Science of the Total Environment. 414, 696–700.

Ingold, C.T., Hudson, H.J., The biology of fungi. 1993. 6 th ed. Chapman and Hall. Torquay, UK. pp. 1-232.

Kim, K.Y., Kim, C.N. 2006. Airborne microbiological characteristics in public buildings of Korea. Building and Environment. 42, 2188–2196.

Kowalski, W.J., Bahnfleth, W. 1998. Airborne respiratory diseases and mechanical systems for control of microbes. Heating/Piping/Air Conditioning. 70, 34-48.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lacey, J.Crook, B. 1988.Aerial dispersal and the development of microbial Communities.In : Microorganisms in Action : Concepts and Applications in Microbial Ecology. JM Lynch and JE Hobbie editor.207-237.

Lee, S.C., Chang, M. 1999.Indoor air quality investigationsat five classrooms. Indoor Air, 9, 134–138.

McGinnis, M.R. 1980. Laboratory handbook of medical mycology. Academic Press, London, UK.

Pastuszka, J.S., Paw, U.K.T., Lis, D.O., Wlazło, A., UlfigK. 1999. Bacterial and fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland. Atmospheric Environment. 34, 3833-3842.

Rahman, W.A., Rosli, H., Baharuddin,S.N., Salleh, B. 2011. Incidence and remediation of fungi in a sick building in Malaysia : a case study. Aerobiologia. 28, 275–283.

Ren, P., Jankun, T.M., Leaderer, B.P. 1999. Comparisons of seasonal fungal prevalence in indoor and outdoor air and in house dusts of dwellings in one Northeast American county.Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology. 9, 560–568.

Yassin, M.F., Almouqatea, S. 2010. Assessment of airborne bacteria and fungi in an indoor and outdoor environment. J. Environ. Sci. Tech. 7(3), 535-544.

Yang, C.S. Heinsohn, P. 2007. Sampling and Analysis of Indoor Microorganisms. P&K Micobiology services, Inc. Cherry Hill, New Jersey. pp. 1-273.

[Online] Available :http://textbookofbacteriology.net/tuberculosis_2.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ก-1 สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

Malt extract agar (MEA)

ผง Malt extract	20	กรัม
เปปโตน	1	กรัม
กลูโคส	20	กรัม
วุ้น (Agar)	20	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

ฆ่าเชื้อโดยใช้หม้อนึ่งฆ่าเชื้อด้วยแรงดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

Tryptic Soy Agar (TSA)

Pancreatic Digest of Casein	15	กรัม
Enzymatic Digest of Soybean Meal	5	กรัม
Sodium Chloride	5	กรัม
วุ้น (Agar)	15	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร
pH	7.3±0.2	

ชั่ง TSA 40 กรัมลงในน้ำ 1 ลิตร และเติมเกลือ NaCl 15 กรัม ต้มให้ละลายแล้วนำใส่ขวดไปฆ่าเชื้อโดยใช้หม้อนึ่งฆ่าเชื้อด้วยแรงดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

Potato Dextrose Agar (PDA)

Potato	20	กรัม
Dextrose	20	กรัม
วุ้น (Agar)	17	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

ปอกเปลือกมันฝรั่ง หั่นเนื้อมันฝรั่งเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาดด้านละประมาณ 1 เซนติเมตร ชั่งให้ได้น้ำหนักตามสูตร แล้วต้มในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร จนเดือดนานประมาณ 10-15 นาที อย่าทำให้เนื้อมันฝรั่งเละ กรองเอาแต่น้ำโดยใช้ผ้าขาวบาง ชั่งน้ำตาลเดกซ์โทรส และวุ้นให้ได้น้ำหนักตามสูตร ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร โดยใช้ความร้อนช่วยจนวุ้นละลายหมด ผสมส่วนประกอบทั้งหมดเข้าด้วยกัน ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบตามสูตร ฆ่าเชื้อโดยใช้หม้อนึ่งฆ่าเชื้อด้วยแรงดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

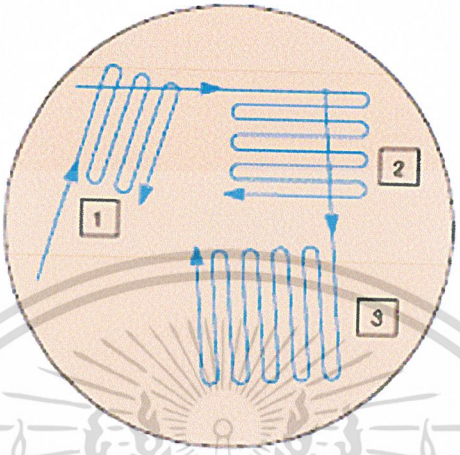
ภาคผนวก ข

การตรวจวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข.-1การแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี Cross streak



รูปที่ ข.1แสดงการทำเชื้อให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี cross streak
ที่มา : http://www.agro.kmutnb.ac.th/e-learning/521302/1_clip_image028.gif
สืบค้นเมื่อวันที่ 12 มกราคม 2556

1. ใช้ลูบเขี่ยเชื้อ (Loop) เขี่ยเอาเชื้อออกจากหลอดที่มีเชื้อด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ (Aseptic technique)
2. ทำการ Streak เชื้อที่อยู่ปลาย loop ลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้เตรียมไว้แล้ว ด้วยความระมัดระวัง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้
   2.1 เปิดฝาจานเพาะเชื้อให้มีช่องว่างเพียงพอที่จะสอด loop เข้าไปได้ง่าย แล้วสอด Loop ที่มีเชื้อแบคทีเรียอยู่ทำการ streak ที่พื้นที่หมายเลข 1 โดยในระหว่างการ streak จะต้องไม่ทำให้ผิวของอาหารแตก
   2.2 เมื่อ streak ที่บริเวณพื้นที่หมายเลข 1 แล้วให้นำ Loop ออกมาฆ่าเชื้อโดยการเผาไฟ หลังจากนั้นทำให้ loop เย็นลงโดยการแตะที่ขอบของอาหารเลี้ยงเชื้อใกล้ๆ กับบริเวณหมายเลข 1
   2.3 หมุนจานเพาะเชื้อให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการ streak บริเวณพื้นที่หมายเลข 2 แล้วทำการ cross streak โดยจุดเริ่มต้นจะอยู่ที่บริเวณพื้นที่หมายเลข 1 แล้วทำการ Streak ที่บริเวณพื้นที่หมายเลข 2
   2.4 เมื่อ streak ที่บริเวณพื้นที่หมายเลข 2 แล้วให้นำ Loop ออกมาฆ่าเชื้อโดยการเผาไฟ หลังจากนั้นทำให้ loop เย็นลงโดยการแตะที่ขอบของอาหารเลี้ยงเชื้อใกล้ๆ กับบริเวณหมายเลข 2
   2.5 หมุนจานเพาะเชื้อให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการ streak บริเวณพื้นที่หมายเลข 3 แล้วทำการ cross streak โดยจุดเริ่มต้นจะอยู่ที่บริเวณพื้นที่หมายเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 แล้วทำการ Streak ที่บริเวณพื้นที่หมายเลข 3 ถ้าหากจำเป็นสามารถทำการ streak ที่บริเวณพื้นที่หมายเลข 4 ได้

2.6 กลับจานเพาะเชื้อแล้วนำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง แล้วสังเกตการเจริญของเชื้อ

ภาคผนวก ข.-2 การทำSlide culture

1. การเตรียมจานเพาะเชื้อ ใช้จานเพาะเชื้อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มม. นำกระดาษกรองหรือกระดาษทิชชู่วางไว้ในจานเพาะเชื้อ นำแท่งแก้วงอรูปตัว L วางลงแล้วนำสไลด์ที่สะอาดวางบนแท่งแก้วงอรูปตัว vแล้วนำไปอบเพื่อฆ่าเชื้อหรือทำให้ปราศจากเชื้อ
2. การเตรียมวุ้น วุ้นที่เตรียมคือ potato dextrose agar (PDA) เทบนจานเพาะเชื้อซึ่งเทหนากว่าปกติ แล้วตัดวุ้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดประมาณด้านละ 1 ซม. หลายๆ ชิ้น
3. การนำเชื้อราลงเพาะ นำวุ้นที่ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส วางลงบนสไลด์ที่ปลายด้านหนึ่ง นำเชื้อที่ต้องการตรวจมาจุดลงบนแผ่นวุ้นทั้งสี่ด้าน ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ที่ปราศจากเชื้อ จากนั้นนำน้ำกลั่นที่ปราศจากเชื้อเทลงในจานเพาะเชื้อประมาณ 11.5 มล. เพื่อให้เกิดความชื้น แล้วนำไปเก็บในที่มิดชิด คอยสังเกตจนเชื้อราเจริญงอกงามเกือบถึงขอบของกระจกปิดสไลด์ (ประมาณ 2 สัปดาห์)
4. การถอด Slide culture ถอดกระจกปิดสไลด์ออกแล้วล้างด้านบนด้วยแอลกอฮอล์ จับด้านล่างที่ติดกับวุ้นหงายขึ้นแล้วหยดแอลกอฮอล์ 1 หยด ทิ้งไว้จนแห้ง หลังจากนั้นเตรียมสไลด์อีกแผ่นหนึ่ง หยด lactophenal cotton blue 1 หยด ที่ปลายด้านหนึ่งของสไลด์ แล้วนำกระจกปิดสไลด์ที่ปิดบนวุ้นแตะบน lactophenal cotton blue ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ แล้วนำไปตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ ส่วนสไลด์ที่มีวุ้นวางอยู่ให้เขี่ยวุ้นทิ้งไป ล้างสไลด์ด้านหลังด้วยแอลกอฮอล์ส่วนด้านบนที่ติดกับวุ้นหยดแอลกอฮอล์ลงไป 1 หยด ทิ้งไว้จนแห้ง แล้วนำ lactophenal cotton blue มาหยดลงบริเวณที่เคยวางวุ้น นำกระจกปิดสไลด์ที่ปราศจากเชื้อมาปิด ผึ่งสไลด์ที่อุณหภูมิห้องจน lactophenal cotton blue หมาดลง ทาขอบทั้งสี่ของกระจกปิดสไลด์ด้วยน้ำยาทาเล็บ นำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.-3 การวัดขนาดสปอร์

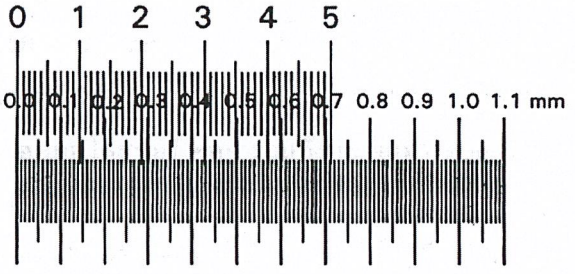
วิธีเทียบค่า (Calibration) เพื่อหาระยะห่างของช่องบน ocular micrometer

1. วาง stage micrometer ลงบน stage ยึดสไลด์ให้แน่นด้วย mechanical stage clip ปรับโฟกัสจนเห็นสเกลชัด โดยใช้ low power objective
2. ใส่ ocular micrometer ลงไปใน ocular tube จะเห็นสเกล 2 แถว ให้หมุน ocular tube เพื่อให้สเกลใน ocular ขนานกับสเกลบน stage
3. เลื่อน stage micrometer ให้ขีดใดขีดหนึ่งของสเกลทั้งสองตรงกันพอดี แล้วนับดูว่าถัดไปอีกกี่ช่องของ stage micrometer ให้ทำซ้ำ 3 – 5 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย
4. คำนวณค่า 1 ช่อง ocular micrometer เท่ากับกี่ไมครอน

รูปที่ ข.2 แสดงสเกลของ ocular micrometer

รูปที่ ข.3 แสดงสเกลของ stage micrometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.4แสดงการซ้อนสเกลของ ocular micrometer และ stage micrometer

วิธีการคำนวณ ดังนี้

<u>ตัวอย่าง</u>

สมมติว่า 7 ช่องของ ocular micrometer = 10 ช่อง ของ stage micrometer

1 ช่องของocular micrometer = 0.01 mm. (กำหนดให้)

ฉะนั้น 1 ช่องของ ocular micrometer = $\frac{10}{7} x 0.01 = 0.014 mm$

ในการวัดขนาดสปอร์จะบอกขนาดเป็นไมครอน เช่น ถ้าดูในกล้องจุลทรรศน์สปอร์มีขนาดเท่ากับสเกลบน ocular micrometer 3 ช่อง ดังนั้นสปอร์มีขนาด 3 X 0.014 = 0.042 mm หรือ 42 ไมครอน

เมื่อใช้ objective ที่มีกำลังขยายสูงขึ้น สเกลบน stage micrometer จะถูกขยายมากขึ้น ทำให้จำนวนช่องของ ocular micrometerต่อจำนวนช่องของ stage micrometer เปลี่ยนไปจึงต้องเทียบค่าขนาด 1 ช่องของ ocular มีขนาดเท่ากับกี่ไมครอนไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้