การศึกษาปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในอาคาร โดยใช้เครื่อง Andersen Impactor และเครื่อง Impinger ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

สิริพร ปรีเถื่อน

สราญรัตน์ ไตรธะนะปัทม์

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ปีการศึกษา 2563

การศึกษาปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในอาคารโดยใช้เครื่อง Andersen Impactor และเครื่อง Impinger ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

สิริพร ปรีเถื่อน
สราญรัตน์ ไตรธะนะปัทม์

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ปีการศึกษา 2563

หัวข้อโครงการ	การศึกษาปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในอาคารโดยใช้เครื่อง Andersen Impactor และเครื่อง Impinger ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
โดย	สิริพร ปรีเถื่อน สราญรัตน์ ไตรธะนะปัทม์
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ปีการศึกษา	2563

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา อนุมัติให้โครงการศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฒาลิศา เนียมมณี)
หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการสอบโครงการ

.....

(รองศาสตราจารย์ ศิวพันธุ์ ชูอินทร์) ประธานกรรมการ

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรณทิพย์ กาหยี) กรรมการ

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นิธินาถ เจริญโภคราช) กรรมการ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในอาคารโดยใช้เครื่อง Andersen Impactor และเครื่อง Impinger ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา สำเร็จตามวัตถุประสงค์ได้โดยการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและสาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ที่ได้ให้การสนับสนุนห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์อุปกรณ์และสารเคมีตลอดจนเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ประกอบในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรณทิพย์ กาหยี อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้คำแนะนำให้คำปรึกษาตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องทั้งสนับสนุน ผลักดัน และช่วยเหลือ ในทุกๆด้าน จนงานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ศิวพันธุ์ ชูอินทร์ ที่ได้ให้คำแนะนำและตรวจสอบรายงานวิจัยทุกขั้นตอน ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นิธินาถ เจริญโภคราช และคณะอาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้กรุณาอบรมสั่งสอนวิชา ความรู้ รวมทั้งคำแนะนำในการทำรายงานวิจัยฉบับนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆนักศึกษาปริญญาตรีสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และให้กำลังใจเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ตลอดจนพี่และน้องรวมไปถึงทุกๆคนที่เกี่ยวข้องในการช่วยเหลือ สนับสนุน ให้คำปรึกษาและคำแนะนำเป็นอย่างดีในการทำวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัย

กันยายน 2563

หัวข้อโครงการ	การศึกษาปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในอาคารโดยใช้เครื่อง Andersen Impactor และเครื่อง Impinger ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
โดย	สิริพร ปรีเถื่อน สราญรัตน์ ไตรธะนะปัทม์
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ปีการศึกษา	2563

บทคัดย่อ

การศึกษางานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ เพื่อศึกษาปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา โดยทำการเก็บตัวอย่างแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศโดยใช้เครื่อง Andersen Impactor และใช้เครื่อง Impinger ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โดยจะเก็บแบคทีเรีย 10 นาทีและเชื้อรา 10 นาที ผลการวิจัยพบว่าปริมาณแบคทีเรียภายในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่เก็บโดยใช้เครื่อง Andersen Impactor มี ค่าเฉลี่ยของแบคทีเรีย 50 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร (CFU/M^3) และปริมาณแบคทีเรียภายในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่เก็บโดยใช้เครื่อง Impinger มีค่าเฉลี่ยของแบคทีเรีย 235×10^4 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร (CFU/M^3) และปริมาณเชื้อราภายในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่เก็บโดยใช้เครื่อง Impactor มีค่าเฉลี่ยของเชื้อรา 33 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร (CFU/M^3) และปริมาณเชื้อราภายในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่เก็บโดยใช้เครื่อง Impinger มี ค่าเฉลี่ยของเชื้อรา 65×10^4 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร (CFU/M^3)

คำสำคัญ (keyword) : แบคทีเรีย, เชื้อรา, ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	**ก**
บทคัดย่อ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	2
ข้อจำกัดของการทำวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
นิยามศัพท์	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	3
แผนการดำเนินงานวิจัย	3
บทที่ 2 วรรณกรมที่เกี่ยวข้อง	
จุลินทรีย์	5
จุลินทรีย์ในอากาศ	7
จุลินทรีย์ที่ก่อโรค	9
ผลกระทบของจุลินทรีย์	12
หลักในการเก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ	14
มาตรฐานการปนเปื้อนของจุลชีพในอากาศ	27
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
พื้นที่ทำการวิจัย	32
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	32
การเก็บรวบรวมข้อมูล	34
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	34
การวิเคราะห์ข้อมูล	37

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
ปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม	38
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการวิจัย	41
ข้อเสนอแนะ	42
บรรณานุกรม	44
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ประมวลภาพ	47
ภาคผนวก ข แบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ	54

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการดำเนินการวิจัย	4
2.1	จุลินทรีย์ส่งผลกระทบในด้านลบต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อม	12
2.2	อุปกรณ์เก็บตัวอย่างในกลุ่ม Active air samepler	16
4.1	ปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราที่พบในอากาศของเครื่อง Andersen Impactor	38
4.2	ปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราที่พบในอากาศของเครื่อง Impinger	40

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะการทำงานของอิมแพ็คเตอร์	17
2.2	คาสเคดอิมแพ็คเตอร์	18
2.3	แอนเดอร์สันอินแพ็คเตอร์ชนิด 8 ชั้น	19
2.4	รูบนอลูมิเนียมในแต่ละชั้นของแอนเดอร์สันอินแพ็คเตอร์	20
2.5	ขนาดของจุลินทรีย์ที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจในตำแหน่งต่างๆ	21
2.6	ขวดอิมพินเจอร์และปั๊มดูดอากาศ	22
2.7	มิดเจตอิมพินเจอร์	23
2.8	กรีนเบอร์ก-สมิธอิมพินเจอร์	23
2.9	Modified Greenburg-smith	24
2.10	อิมพินเจอร์ชนิด AGI-4 และ AGI-30	24
2.11	Sartorius MD8 Air Sampler และ Air MD8	25
3.1	ขวดอิมพินเจอร์และปั๊มดูดอากาศ	32
3.2	เครื่อง Andersen Impactor ชนิด 8 ชั้น	33
3.3	แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	36
ก-1	ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม	48
ก-2	เตรียมเพลทสำหรับใส่อาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อนำไปเก็บตัวอย่าง	49
ก-3	อาหารเลี้ยงเชื้อ SDB สำหรับเชื้อรา	49
ก-4	อาหารเลี้ยงเชื้อ SDA สำหรับเชื้อรา	49
ก-5	อาหารเลี้ยงเชื้อ NA สำหรับแบคทีเรีย	50
ก-6	อาหารเลี้ยงเชื้อ NB สำหรับแบคทีเรีย	50
ก-7	เครื่อง Autoclave	50
ก-8	การเทอาหารเลี้ยงเชื้อใส่เพลท	51
ก-9	อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับไว้เก็บตัวอย่าง	51
ก-10	การเก็บตัวอย่างโดยวางเครื่อง Andersen Impactor และเครื่อง Impinger	52
ก-11	ขั้นตอนการนำกระดาษกรองและอาหารเหลวออกแล้วใส่ที่อาหารเลี้ยงเชื้อ	52
ก-12	ตู้บ่มแบคทีเรีย	53
ก-13	ตู้บ่มเชื้อรา	53

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ก-14	แบคทีเรีย	54
ก-15	เชื้อรา	54
ข-1	ลักษณะของแบคทีเรียและเชื้อราที่พบในอากาศของเครื่อง Andersen	56
ข-2	ลักษณะของแบคทีเรียและเชื้อราที่พบในอากาศของเครื่อง Impinger	58

บทที่1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันสภาพแวดล้อมของประเทศไทยมีเชื้อโรคปนเปื้อนอยู่มากความเปลี่ยนแปลงของความเป็นอยู่ อาชีพและสังคม ทำให้คนต้องใช้เวลาอยู่ในอาคารสิ่งก่อสร้างมากขึ้น มลพิษของอากาศที่นอกจากจะมาจากสิ่งแวดล้อมแล้ว จึงยังพบได้ในอาคารที่เราใช้อยู่ในชีวิตประจำวันเช่นที่อยู่อาศัย สำนักงาน เป็นต้น องค์การอนามัยโลกได้ประเมินว่า อาคารต่าง ๆ ถึงร้อยละ 30 ไม่ถูกสุขลักษณะคุณภาพอากาศในอาคาร (indoor air quality) จึงมีความสำคัญมากขึ้นตามลำดับต่อความเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิต เนื่องจากมลพิษที่ก่อตัวในอาคารนั้นเราหลีกเลี่ยงได้ยาก จึงอาจส่งผลต่อสุขภาพ-ความเจ็บป่วยทางกายภาพและการบั่นทอนจิตใจ ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทำให้ลดประสิทธิผลในการทำงานลงได้ถึงร้อยละ 20 (แม้นสรวง วุฒิอุดมเลิศ,2556)

จากการศึกษาผลกระทบที่ได้รับสำหรับอนุภาคแขวนลอยที่ขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ได้แก่อนุภาคจุลชีพชนิดต่าง ๆ อนุภาคเหล่านี้ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพต่อสิ่งมีชีวิตในรูปแบบต่าง ๆ ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ระคายเคืองในช่องจมูก ตา สำหรับจุลชีพนอกจากตัวเซลล์โดยตรงคือ แบคทีเรีย รา ไวรัส และปรสิตแล้วยังมีสิ่งที่มาจากจุลชีพและสารที่มาจากสิ่งมีชีวิตหรือสารทางชีวภาพ เนื่องจากราเป็นจุลินทรีย์ที่มีโครงสร้างหลายลักษณะ สีสัน และสารที่ราสร้างขึ้นหลายชนิดจัดเป็นสารอินทรีย์ระเหยเร็วจากจุลินทรีย์ (microbial volatile organic compounds หรือ mVOCs) ที่ทำให้เกิดกลิ่นของราอีกด้วย ดังนั้น กลิ่นจากรา ช่วยบ่งบอกว่ามีราเจริญอยู่ที่ใดที่หนึ่งที่ควรกำจัดออก พบว่าในหลายคนนั้นกลิ่นจากราก่อให้เกิดอาการปวดเวียนศรีษะ ระคายคัดจมูกและคลื่นไส้ นับว่าปัญหาต่าง ๆเป็นปัญหาที่เกิดจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ภายในอากาศ

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในอาคารโดยใช้เครื่อง Andersen Impactor และเครื่อง Impinger ในห้องปฏิบัติการของวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เพราะเป็นสถานที่ที่ผู้วิจัยได้ใช้ในการปฏิบัติการในการเรียน โดยการศึกษาครั้งนี้ ทำให้ทราบปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการควบคุมและป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของนักศึกษาและบุคลากรในมหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศโดยวิธีการโดยใช้เครื่อง Andersen Impactor
2. เพื่อศึกษาปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศโดยวิธีการโดยใช้เครื่อง Impinger

ข้อจำกัดของการทำวิจัย

เนื่องจากติดสถานการณ์ โควิด 19 ทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้ตามแผนที่วางไว้

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

การเก็บตัวอย่างของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ เพื่อหาปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในอาคาร โดยใช้เครื่อง Andersen Impactor และเครื่อง Impinger ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เพื่อศึกษาปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โดยทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่อง Andersen Impactor และใช้เครื่อง Impinger ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โดยเก็บแบคทีเรีย 10 นาทีและเก็บเชื้อรา 10 นาที

2. ขอบเขตด้านพื้นที่

การศึกษาการวิจัยครั้งนี้ได้ทำขึ้นเพื่อศึกษาปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

3. ขอบเขตระยะเวลา

ระยะเวลาศึกษาและการเก็บข้อมูลในการดำเนินงานวิจัยเริ่มตั้งแต่เดือน มกราคม-กันยายน พ.ศ 2563

นิยามศัพท์

1. อิมแพ็กเตอร์ มาจากคำว่า“ อิมแพ็ก (impact) ซึ่งหมายถึง การอัด การชน หรือการกระทบ ซึ่งเครื่องมือนี้ใช้หลักของการทำให้กระแสอากาศไหลหักเหเปลี่ยนทิศทาง อย่างฉับพลันหลังจากที่เข้าเครื่องมือมา ซึ่งในรูปอากาศพร้อมอนุภาคจะถูกดูดเข้า เครื่องมือมาโดยใช้ปั้มดูดอากาศอากาศ”
2. อิมพินเจอร์ (impinger) หรือ (liquid impinge) ใช้หลักการทำงานเช่นเดียวกับอิมแพ็กเตอร์ เพียงแต่ตัวกลางที่กระแสอากาศตกลงมากระทบนั้นเป็นของเหลวโดยปั้มจะดูดเอาอากาศที่มีจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่ด้วยเข้าเครื่องมือมาทางช่องทางเข้า แล้วตกกระทบลงบนตัวกลางที่เป็น อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่บรรจุไว้ภายในให้เป็นตัวดักจับจุลินทรีย์เอาไว้”

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

สามารถใช้ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปใช้ในการกำหนดแนวทางในการควบคุมและป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของนักศึกษาและบุคลากรในมหาวิทยาลัย

แผนการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาปริมาณแบคทีเรียและเชื้อรานอากาศภายในอาคาร โดยใช้เครื่อง Andersen Impactor และเครื่อง Impinger ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา มีขั้นตอนและการดำเนินงาน ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการศึกษา	ระยะเวลาการดำเนินการ							
	ม.ค 2563	ก.พ 2563	มี.ค 2563	เม.ย 2563	ก.ค 2563	ส.ค 2563	ก.ย 2563	ต.ค 2563
1. กำหนดหัวข้อรายงานวิจัย	↔	↔						
2. ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานวิจัย		↔	↔					
3. รวบรวมข้อมูล			↔	↔				
4. ดำเนินการทำโครงการวิจัย					↔	↔		
5. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง						↔	↔	
6. จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์							↔	↔

บทที่2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในการศึกษาปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในอาคาร โดยใช้เครื่อง Andersen Impactor และเครื่อง Impinger ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. จุลินทรีย์
2. จุลินทรีย์ในอากาศ
3. จุลินทรีย์ที่ก่อโรค
4. ผลกระทบของจุลินทรีย์
5. หลักในการเก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ
6. มาตรฐานเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จุลินทรีย์

จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ประกอบด้วยเซลล์เดียว (Unicellular) หรือหลายเซล์ (Multicellular) แต่ทว่าเซลล์เหล่านั้นต่างก็เป็นเซลล์ชนิดเดียวกันและมีรูปร่างเหมือนกัน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเซลล์เพื่อทำหน้าที่เฉพาะเหมือนในสิ่งมีชีวิตชั้นสูง จุลินทรีย์สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆตามประเภทของเซลล์ คือ โปรคารีโอต คือ ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส เช่น แบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และยูคารีโอต คือ มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส เช่น เชื้อรา โปรโตซัว และสาหร่ายต่างๆ ยกเว้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (ดวงพร คันธโชติ, 2545)

จุลินทรีย์แบ่งออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้ (ดวงพร คันธโชติ, 2545)

1. แบคทีเรีย (Bacteria)

เป็นจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็กมาก ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายสูงส่องดูจึงมองเห็นประกอบด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียว และเป็นพวกโปรคารีโอต มีผนังเซลล์ที่คงรูป (Rigid cell wall) ทำให้แบคทีเรียรักษารูปร่างได้ แบคทีเรียมีรูปร่างได้หลายแบบมีเพศและไม่มีเพศ

โดยแบบมีเพศเกิดจากการรวมตัวของเซลล์ 2 เซลล์ ส่วนการสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศโดยทั่วไปเป็นแบบ Binary fission บ้างก็เป็นการแตกหน่อ (Budding) แบคทีเรียสามารถพบได้ทั่ว ๆ ไปไม่ว่าจะเป็นดิน น้ำ อากาศ มีทั้งชนิดที่ให้ประโยชน์และบางชนิดก็เป็นโทษ ตัวอย่างของแบคทีเรีย เช่น *Bacillus spp. Lactobacillus spp. Streptococcus spp. Staphylococcus spp. Escherichia coli Proteus vulgaris Spirillum spp.* และ *Streptomyces spp*. เป็นต้น

2. เชื้อรา (Fungi)

เป็นจุลินทรีย์ที่มีเซลล์แบบยูคารีโอต มีทั้งชนิดเซลล์เดี่ยวคือยีสต์ (Yeast) ซึ่งส่วนใหญ่สืบพันธุ์โดยการแตกหน่อ และหลายเซลล์ซึ่งได้แก่ รา (Mold) โดยมีรูปร่างเป็นเส้นใย (Filamentous) ส่วนของเส้นใยเรียกว่า ไฮฟี (Hyphae) ถ้าไฮฟีมาอยู่รวมกันเป็นกลุ่มเรียกว่า ไมซีเลียม (Mycelium) เส้นใยมีทั้งแบบมีผนังกั้นและไม่มีผนังกั้น ผนังเซลล์ของเชื้อราแตกต่างจากผนังเซลล์ของแบคทีเรียขนาดและรูปร่างของเชื้อราแตกต่างกันไป บางชนิดต้องใช้กล้องส่องดู เช่น เซลล์ยีสต์ ที่โตขึ้นมาได้แก่ พวกที่มีลักษณะเป็นเส้นใย และที่สามารถมองเป็นด้วยตาเปล่า ได้แก่ เห็ด (Mushroom) ซึ่งเกิดจากเส้นใยของเชื้อรามาอยู่รวมกันและอัดแน่นเป็นดอกเห็นขนราดใหญ่ เชื้อราเจริญได้ดีในที่ที่มีความเป็นกรดสูง อาหารเลี้ยงเชื้อราจึงปรับ pH ประมาณ 4.0 ราทุกชนิดเป็นพวกที่ต้องการอากาศส่วนใหญ่ชอบอุณหภูมิปานกลาง การสืบพันธุ์ได้ทั้งแบบมีเพศและไม่มีเพศ ตัวอย่างของเชื้อราพวกที่เป็นเซลล์เดียว เช่น ยีส Saccharomyces cerevisiae ส่วนพวกหลายเซลล์ที่เป็นเส้นใย เช่น *Rhizopus spp. Aspergillus spp. Penicilliun spp.* และเห็น เช่น เห็ดฟาง *Volvariella volvaceae*

3. โปรโตซัว (Protozoa)

ลักษณะเซลล์เป็นเซลล์เดียวและเป็นพวกยูคารีโอตแต่ไม่มีผนังเซลล์ เป็นจุลินทรีย์ที่มีวิวัฒนาการของเซลล์ไปมากที่สุด การแพร่พันธุ์มีทั้งแบบใช้เพศและไม่ใช้เพศ โดยแบบไม่มีเพศอาจจะเป็น Binary fission การแตกหน่อ หรือการสร้างสปอร์ เป็นต้น สามารถเคลื่อนที่ได้ในบางช่วงของวงจรชีวิต ขนาดและรูปร่างของโปรโตซัวมีความแตกต่างกันมาก เช่น รูปกลม รูปไข่ รูปแท่งหรือท่อน บางชนิดมีรูปร่างหลายแบบในช่วงการเจริญ บางชนิดเห็นได้ด้วยตาเปล่า พบได้ทั่วไปในดิน น้ำ อากาศ และในสิ่งมีชีวิต ปกติโปรโตซัวกินแบคทีเรียเป็นอาหาร ดังนั้นบริเวณที่มีแบคทีเรียมาย่อมมีโปรโตซัวมากตามไปด้วย และสำหรับโปรโตซัวที่เป็นปรสิตของสัตว์ พวกนี้จะเลี้ยงอย่างอิสระไม่ได้ต้องอยู่กับเซลล์เจ้าบ้าน (Host cell) เท่านั้น โปรโตซัวมีการเคลื่อนที่ 3 แบบ ด้วยกัน คือ ใช้ขาเทียม (Pseudopodium) ซึ่งเกิดจากการยืดหดของไซโทพลาซึม การเคลื่อนไหวแบบนี้เรียกว่า Ameboid movement เช่น Amoeba ใช้รยางค์ขนาดยาว (Flagella) เช่น Euglena ใช้ขนเล็ก ๆ เรียกว่า ซีเลีย โบกพัด เช่น Paramecium

4. สาหร่าย (Algae)

เป็นจุลินทรีย์ที่สังเคราะห์แสงได้ เพราะมีคลอโรฟีลล์ การสังเคราะห์แสงเหมือนพืชชั้นสูง นอกจากนี้ยังมีรงค์วัตถุ (Pigment) อื่นๆอีก ทำให้สาหร่ายมีสีต่างๆกันไป เช่น สีเขียว สีแดง สีน้ำตาล สีน้ำเงิน ซึ่งใช้เป็นลักษณะสำคัญในการจัดจำแนกหมวดหมู่ของสาหร่าย หรืออาจใช้ประเภทของคลอโรฟิลล์ในการจัดจำแนกก็ได้เช่นกัน ลักษณะของเซลล์เป็นพวกยูคารีโอต มีทั้งพวกที่เป็นเซลล์เดียวมีขนาดเล็กต้องส่องดูด้วยกล้อง บางชนิดมีหลายเซลล์ขนาดใหญ่อาจยาวถึง 100 ฟุต ลักษณะรูปร่างต่างกันไป เช่น รูปกลม รูปท่อน รูปเกลียว รูปแฉก รูปกระสวย บางชนิดเซลล์อาจอยู่รวมกันเป็นกลุ่มเช่น Volvox บ้างต่อกันเป็นสาย เช่น Anabacna บ้างเรียงกันเป็นแผ่น เช่น Ulva สาหร่ายพวกที่เคลื่อนที่ได้จะอาศัยแฟลกเจลลา หรือเท้าเทียม การสืบพันธุ์มีทั้งแบบมีเพศและไม่มีเพศ เนื่องจากสาหร่ายสังเคราะห์แสงได้บริเวณที่แสงส่องถึงจึงสามารถพบสาหร่ายได้ไม่ว่าจะเป็นแหล่งน้ำ พื้นดิน และพื้นผิวที่ชื้นแม้กระทั่งหิน

5. ไวรัส (Virus)

ไวรัสไม่สามารถจัดเป็นเซลล์ได้ เพราะขาดโครงสร้างและองค์ประกอบของเซลล์อีกทั้งไม่สามารถอาศัยอยู่ได้อย่างอิสระได้ จำเป็นต้องอาศัยอยู่ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เพื่อดำรงชีวิตและเพื่อการเพิ่มจำนวนเรียกลักษณะนี้ว่า Obligate intracellular parasite โครงสร้างของไวรัสจะประกอบด้วยกรดนิวคลีอิกที่เป็น DNA หรือ RNA เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น และมีโปรตีนที่เรียกว่า Capsid หุ้มอยู่ นอกจากนี้อาจมีเยื่อหุ้มที่เรียกว่า Envelope ไวรัสมีขนาดเล็มากประมาณ 20-25 นาโนเมตร จนถึง 200-300 นาโนเมตร จึงไม่สามารถมองเห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา หากแต่ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ตามธรรมชาติพบไวรัสได้ทั่วไปโดยอาศัยอยู่กับเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ไม่ว่าจะเป็นพืช สัตว์ หรือมนุษย์ ตลอดจนจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ในอากาศ

จุลินทรีย์ในอากาศนั้นสามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อทั้งจากเชื้อที่สามารถติดต่อจากคนสู่คนทางระบบทางเดินหายใจ (communicable respiratory pathogens) และเชื้อฉวยโอกาสที่ปกติจะไม่ติดต่อ เว้นแต่บุคคลจะอยู่ในสภาพที่อ่อนแอ (primary nosocomial) (ศิริพร และกาญจนา, 2555) เชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ที่พบส่วนใหญ่จะเป็นชนิดก่อโรคฉวยโอกาส คือ ไม่ก่อโรคในคนปกติแต่จะก่อโรคเฉพาะกับคนที่มีร่างกายอ่อนแอ มีภูมิคุ้มกันโรคต่ำเท่านั้น เชื้อจุลินทรีย์จะอยู่ตามเสื้อผ้าสิ่งของเครื่องใช้ต่าง ๆ เชื้อนี้สามารถแพร่กระจายจากบุคคลหนึ่งไปยังบุคคลหนึ่งได้โดยการสัมผัส หรือทางอากาศ (กฤษณียา, 2548)

1. การแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ

จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ในบรรยากาศได้เป็นเวลานาน ๆ เพราะอากาศมี สภาพแห้งแล้งและมีสารอาหารปริมาณน้อย ดังนั้น อากาศจึงไม่ใช่ถิ่นอาศัยที่เหมาะต่อการเจริญของจุลินทรีย์ อากาศเป็นเพียงที่อยู่อาศัยชั่วคราว (temporary habitat) ของจุลินทรีย์ที่ถูกพัดพามาจากแหล่งพัดพามาจากแหล่งอื่น ๆ เช่น น้ำ ดิน และอากาศ เป็นตัวกลางที่สำคัญในการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ไปในสิ่งแวดล้อมอื่น

1.1 ประเภทการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1.1.1 จุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคาร (intramural aeromicrobiology)

การศึกษาจุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคาร (indoor air) เช่น ในบ้าน สถานที่ทำงาน โรงพยาบาล ห้องปฏิบัติการ ซึ่งอากาศภายในอาคารมีการหมุนเวียนของอากาศจากภายนอกจำกัด และมีปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตน้อยนอกจากนี้ ยังมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะต่อการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ในอากาศอีกด้วย ดังนั้น คุณภาพอากาศภายในอาคาร (indoor air quality) จึงมีความสำคัญกับสุขภาพของผู้อาศัยภายในอาคาร โดยอาจท่าให้เกิด sickness building syndrome(SBS) เนื่องจากอากาศภายในอาคารอาจมีจุลินทรีย์ก่อโรคหมุนเวียนอยู่ภายในห้อง เช่น legionellapneumophilia ที่ก่อโรค Legionnaires โดยพบในระบบน้ำหล่อเย็น (cooling tower) ของเครื่องปรับอากาศ และผ่านท่อของเครื่องปรับอากาศเข้ามาภายในห้อง

1.1.1 จุลินทรีย์ในอากาศภายนอกอาคาร (extramural aeromicrobiology)

การศึกษาจุลินทรีย์ในอากาศภายนอกอาคาร (outdoor air) โดยการเคลื่อนที่ของจุลินทรีย์ในอากาศภายนอกเกี่ยวข้องกับขนาดของพื้นที่ และพัดพาของอากาศ โดยปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรอดชีวิตและจำนวนของจุลินทรีย์ในอากาศภายนอกคือ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ และรังสีอัลตราไวโอเลต จุลินทรีย์ในอากาศนั้นสามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อทั้งจากเชื้อที่สามารถติดต่อจากคนสู่คนทางระบบทางเดินหายใจ (communicable respiratory pathogens) และเชื้อฉวยโอกาสที่ปกติจะไม่ติดต่อ เว้นแต่บุคคลจะอยู่ในสภาพที่อ่อนแอ (primary nosocomial) การติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจนับว่าเป็นปัญหาสาธารณสุขสำคัญปัญหาหนึ่ง อัตราการเกิดโรคมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยตลอดเชื้อบางชนิดเมื่อเข้าสู่ปอดแล้วยังไม่ท่าให้เกิดอันตรายแก่เนื้อปอดทันทีเพียงแต่แฝงตัวหลบ รอจนกระทั่งร่างกายของผู้นั้นอ่อนแอลง การติดต่อ ของโรคส่วนมากเกิดจากการหายใจเอาฝอยละอองไอจามหรือที่มีเชื้อโรคปะปนอยู่ (ศิริพร และกาญจนา, 2555)

1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ

จุลินทรีย์ที่มาจากแหล่งต่าง ๆ กัน จะอยู่ในอากาศได้นานและแพร่กระจายออกไปไกลมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้ (กฤษณียา, 2548)

1.2.1 ขนาดของอนุภาคหรือฝุ่นละอองที่แบคทีเรียเกาะติดอยู่ ถ้าขนาดเล็กและเบาจะสามารถล่องลอยอยู่ในอากาศได้นาน และไปได้ไกลจากการทดลองพบว่าแบคทีเรียที่ติดไปกับฝุ่นละอองสามารถพบได้ในทะเลห่างจากฝั่งออกไปเป็นระยะหลายร้อยกิโลเมตร และพบได้ในอากาศที่มีความสูงนับพันเมตร จากการถูกกระแสลมพัดพาไป

1.2.2 สภาพอุตุนิยมวิทยา เช่น ความชื้น แสงแดด อุณหภูมิ ประเทศในเขตร้อนมีการระบาดของโรคติดเชื้อที่มีสาเหตุจากแบคทีเรียมากกว่าในประเทศเขตอื่นๆ เนื่องจากอุณหภูมิในเขตร้อนเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ โดยเชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิช่วง 35-37 องศาเซลเซียส ประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อน มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับช่วงอุณหภูมิที่เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดี อย่างไรก็ตามกระแสลม ฝน เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้แบคทีเรียในอากาศตกสู่พื้น และในแสงแดดยังมีรังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งจะท่าลายแบคทีเรียได้รวมถึงทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นจนถึงระดับที่ทำให้แบคทีเรียบางชนิดตายได้

1.2.3 ชนิดของแบคทีเรีย แบคทีเรียบางชนิด ทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในอากาศได้ดี โดยเฉพาะพวกที่มีสปอร์ นอกจากนี้ชนิดของแบคทีเรียในอากาศยังแตกต่างกันไปตามสถานที่และฤดูกาลด้วย ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ท่าให้โรคของระบบทางเดินหายใจบางโรคเกิดมากเฉพาะในฤดูใดฤดูหนึ่ง

จุลินทรีย์ที่ก่อโรค

จุลินทรีย์ที่ก่อโรค จำแนกได้ 7 ประเภท ดังนี้ (ศิริลักษณ์ วงษ์วิจิตสุข, 2553)

1. แบคทีเรีย (Bacteria)

แบคทีเรียคือสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวมีโครงสร้างเซลล์ที่ไม่ซับซ้อนสามารถ ดำรงชีวิตได้ด้วยการใช้ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์จากแหล่งอาหารในธรรมชาติการสืบพันธุ์ จะเป็นแบบไม่อาศัยเพศเมื่อแบ่งกลุ่มแบคทีเรียตามการย้อมสีแบบแกรม (gram stain) ซึ่งเกิดจาก ปฏิกิริยาของแบคทีเรียกับสีที่ย้อมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือแกรมบวก (gram positive) และแกรมลบ (gram negative) แบคทีเรียแกรมบวกมีคุณสมบัติที่ทนต่อสิ่งแวดล้อมได้ดีกว่าแกรม ลบทั้งนี้เนื่องจากแบคทีเรียแกรมลบจะมีผนังเซลล์ที่เปราะบางไม่ทนต่อความแห้งส่วนในกลุ่มแกรมบวกจะมีผนังเซลล์ที่หนากว่าและทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดีกว่า แบคทีเรียสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายกลุ่ม ดังนี้

1.1 กลุ่มแบคทีเรีย (แบคทีเรียแกรมบวกทรงกลม) (Gram positive Cocci)

แบคทีเรียแกรม บวกทรงกลมที่พบได้บ่อยได้แก่ *Staphylococcus* มีลักษณะเป็นรูปทรงกลมติดกันคล้ายพวงองุ่นเป็น เชื่อที่มีความสำคัญทางการแพทย์เชื้อจะก่อให้เกิดโรคติดเชื้อที่มีลักษณะของการอักเสบแบบมี หนอง เช่น ก่อให้เกิดฝีตามผิวหนัง เยื่อหุ้มสมองอักเสบ ปอดอักเสบหนองในช่องเยื่อหุ้มปอด ข้ออักเสบเป็นต้นแหล่งแพร่เชื้อ *Staphylococcus* ที่สำคัญส่วนมากมาจากแผลของผู้ป่วยจากทางเดิน หายใจภาชนะสิ่งของเครื่องใช้รวมทั้งเสื้อผ้าของผู้ป่วยการแพร่กระจายของเชื้อในอากาศก็มี ความสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงพยาบาลที่มีบุคลากรและผู้ป่วยเป็นจำนวนมากจะพบเชื้อ *Staphylococcus* กระจายอยู่โดยทั่วไป (สุภาภรณ์ พัวเพิ่มพูนศิริ, 2527) นอกจากนี้ยังพบ *Streptococcus* ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปทรงกลมหรือทรงรอยู่เป็นสายเป็นเชื้อก่อโรคที่สำคัญในระบบ ทางเดินหายใจและลามไปยังส่วนอื่น ๆ เช่นปอดและหูส่วนกลางเป็นต้นทำให้เกิดการอักเสบทั้งที่มี หนองและไม่มีหนองรวมทั้งอาจทา ให้เกิดเยื่อหุ้มสมองอักเสบและปอดบวมได้เป็นต้น (จุณจันทน์ วัลัยลักษณคณา, 2538 และดวงพร คันธโชติ, 2545)

1.2 กลุ่มแบคทีเรีย (แบคทีเรียแกรมลบทรงกลม) (Gram negative Cocci)

พบได้บ่อยใน ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาคลินิกได้แก่พวก Neisseria มีรูปร่างคล้ายไตหรือเมล็ดกาแฟมีทั้งที่เป็น เชื้อก่อโรค เช่น เชื้อ *Neisseria meningitidis* จะทำให้เกิดโรคไข้กาฬหลังแอ่นเชื้อ *N.gonorrhoeae* จะทำให้เกิดโรคหนองใน และเป็นแบคทีเรียประจำถิ่นในร่างกาย (normal flora) เช่นในระบบทางเดินหายใจทางเดินอาหารเป็นต้นแต่เชื้อเหล่านี้ก็สามารถทำให้เกิดโรคได้โดยเฉพาะในคนที่มีร่างกายอ่อนแอ (จุณจันทน์ วิลัยลักษณคณา, 2538)

1.3 กลุ่มแบคทีเรีย (แบคทีเรียแกรมลบทรงแท่ง) (Gram negative baciti)

แบคทีเรียกลุ่มนี้เป็นแบคทีเรียแกรมลบรูปแท่งไม่สร้างสปอร์เช่นแบคทีเรียในกลุ่ม Enterobacteriaceae เป็นแบคทีเรียแกรมลบทรงแท่งที่พบได้บ่อยที่สุดจากสิ่งตรวจของผู้ป่วยเชื้อในกลุ่มนี้บางพวกเป็นแบคทีเรียประจำถิ่นอยู่ในลำไส้ใหญ่ของคนและสัตว์และพบได้ทั่วไปทั้งในน้ำในดินและตามพืชผักผลไม้ต่าง ๆ เชื้อ เหล่านี้ ได้แก่ *E. coli, Klebsiella spp*. และ *Enterobacter spp.* เป็นต้นเชื้อบางกลุ่มก่อให้เกิดโรคติด เชื้อในคนและสัตว์ เช่น Salmonella และ Shigella เป็นต้นโดยก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินอาหารที่ สำคัญที่สุด ได้แก่ โรคอุจจาระร่วงนอกจากนี้ยังพบว่าเชื้ออื่น ๆ ในกลุ่มนี้สามารถก่อให้เกิดโรคติด เชื้อของระบบอวัยวะอื่น ๆ นอกเหนือจากโรคของระบบทางเดินอาหารโดยพบว่า *E. coli* เป็น สาเหตุที่พบได้บ่อยที่สุดของโรคติดเชื้อของระบบทางเดินปัสสาวะและ Klebsiella pneumoniae อาจ ก่อให้เกิดโรคติดเชื้อของระบบหายใจเป็นต้น (สุภาภรณ์ พัวเพิ่มพูนศิริ, 2526 และอรุณวดี ชนะวงศ์, 2538)

1.4 กลุ่มแบคทีเรีย (แบคทีเรียแกรมบวกทรงแท่ง) (Gram positive bacilli)

แบคทีเรียแกรมบวก ทรงแท่งที่มีความสำคัญทางการแพทย์ (โชติชนะ วิลัยลักษณคณา, 2538) ได้แก่ แบคทีเรียในกลุ่ม Bacillus มีรูปร่างเป็นท่อนขนาดใหญ่จะพบอยู่ตามธรรมชาติในดินน้ำและอากาศ เชื้อ *B. onthracis* ซึ่งจะทา ให้เกิดโรคแอนแทรกซ์ในปศุสัตว์ เช่น วัวกระบือและสามารถติดต่อมายังคนได้แบคทีเรียในกลุ่ม *Corynebacterium* มีรูปร่างเป็นท่อนคล้ายกระบอกเชื้อ *Corynebacterium diphtherine* ทำให้เกิดโรคคอตีบและโรคติดเชื้อที่ผิวหนังเชื้อจะแพร่กระจายทางละอองน้ำมูกน้ำลาย หรือโดยการสัมผัสเมื่อเชื้อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะฝังตัวเจริญเติบโตอยู่ที่เซลล์เยื่อบุเมือกในลำคอทำให้เกิดอาการ อักเสบ (ปรีชา พุทธาวุฒิไกร, 2528) รวมทั้งแบคทีเรียในกลุ่ม Actinomycetes ด้วย

1.5 กลุ่มแบคทีเรีย (แบคทีเรียแกรมลบทรงแท่งไม่หมักย่อยกลูโคส)

(Nonfermentative gram negatives bacili : NFB)

แบคทีเรียกลุ่ม NFB ส่วนใหญ่พบได้ทั่ว ๆ ไปในธรรมชาติไม่ก่อให้เกิด โรคในคนปกติแต่อาจทำให้เกิดโรคติดเชื้อในพวกที่เป็น Compromised host ได้เช่นผู้ป่วยที่มี ร่างกายอ่อนแอหรือมีภาวะผิดปกติของอวัยวะต่าง ๆ หรือมีปัจจัยชักนำ ต่าง ๆ เช่นมีความผิดปกติ ของระบบภูมิคุ้มกันของผู้ป่วยโรคมะเร็งผู้ที่ได้รับการรักษาด้วยรังสีหรือด้วยยาประเภทกดระบบ ภูมิคุ้มกันการต่อท่อหรือใส่สายต่าง ๆ เข้าในร่างกายการติดเชื้ออาจเกิดขึ้นได้ทุกระบบของร่างกาย ส่วนความรุนแรงของการติดเชื้อขึ้นอยู่กับ species ของแบคทีเรียและสภาพของผู้ป่วยในปัจจุบัน พบว่าแบคทีเรียที่เป็นกลุ่ม NFB ก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการติดเชื้อในโรงพยาบาล (nosocomialinfection) และมักพบมีปัญหาในการรักษาเนื่องจากเชื้อในกลุ่มนี้ดื้อต่อยาต้านจุลชีพ หลายชนิดแบคทีเรียที่เป็นกลุ่ม NFB ได้แก่ *Psudomonas, Flavobacterium, Kingella* เป็นต้น (สุภาภรณ์ พัวเพิ่มพูนศิริ, 2526 และอรุณวดี ชนะวงศ์, 2538)

2. กลุ่มเชื้อรา

เชื้อรามีอยู่มากมายในสิ่งแวดล้อมโดยจะมีเชื้อราที่เป็นชนิดที่ก่อโรคและไม่ ก่อโรคหรือจัดเป็นพวก Saprophytes ซึ่งบางชนิดก็อาจทา ให้เกิดโรคได้ในบางโอกาสจึงอาจเรียก เป็นพวกเชื้อฉวยโอกาส (Opportunistic organism) โดยปกติเชื้อราที่เป็นพวก Saprophytes จะไม่ทำให้เกิดโรคในคนปกติแต่จะทำให้เกิดโรคได้ในผู้ที่มีร่างกายอ่อนแอโดยอาจจะทำให้เกิดโรคร้ายแรง ได้ตัวอย่างเช่นในคนที่เป็นเบาหวานหรือคนที่เป็นมะเร็งของระบบน้ำเหลือง เช่น leukemia, Lymphosarcoma หรือในคนที่ได้รับยาต้านจุลชีพออกฤทธิ์กว้างนาน ๆ หรือในผู้ที่ได้รับยาต้านจุลชีพ ที่ไปกดการทำงานของระบบภูมิต้านทานของร่างกายโรคที่เกิดอาจจะเป็นพวก systemic mycoses คือกระจายไปทุกระบบของร่างกายหรืออาจเป็นเฉพาะที่เช่น aspergillosis (เกิดจากเชื้อ Aspergillus) ทำให้เกิดโรคที่ระบบทางเดินหายใจที่พบบ่อยคือที่ปอดและทำให้เกิดอาการแพ้

(allergic aspergillosis) โดยผู้ป่วยได้รับเชื้อจากการหายใจการกินหรือการสัมผัส (พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์, 2532 และวิทยา มีวุฒิสม, 2528)

ผลกระทบของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ในอากาศประกอบไปด้วยหลายชนิดแต่จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อมนั้นมีดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2. 1 จุลินทรีย์ส่งผลกระทบในด้านลบต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุ	ผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
สาหร่าย แบคทีเรีย	อาการผื่นคัน อาการภูมิแพ้การติดเชื้อของระบบทางเดินหายใจไข้ ปวดกล้ามเนื้ออาเจียนและ ระคายเยื่อบุผิว	ปัญหาเรื่องกลิ่น ทำลายพื้นผิววัสดุ ทำความเสียหายต่อผลิตผลทางการเกษตร ปัญหาเรื่องกลิ่น
เชื้อรา	อาการภูมิแพ้ผื่นคันหอบหืด การติดเชื้อผลกระทบต่อเสียหายต่อระบบประสาท	ทำลายพื้นผิววัสดุทำความเสียหาย ต่อผลิตผลทางการเกษตร ปัญหา เรื่องกลิ่น
โปรโตซัว	อาการภูมิแพ้การติดเชื้อเยื่อหุ้มสมองอักเสบ	ทำความเสียหายต่อผลิตผลทาง การเกษตร (การระบาดของโรค สัตว์)
ไวรัส	การติดเชื้อ	ทำความเสียหายต่อผลิตผลทาง การเกษตร

ที่มา : ภารดี ช่วยบำรุง, 2557

1. การติดต่อและการแพร่กระจายของเชื้อโรค

โรคแต่ละชนิดมีการติดต่อเข้าสู่ร่างกายคนไม่เหมือนกันและแม้จะเป็นเชื้อโรคชนิดเดียวกันเมื่อเข้าสู่ร่างกายคนละทางก็จะเกิดผลแตกต่างกัน เชื้อโรคเข้าสู่ร่างกายคนได้ 6 ทางคือ (กุสุมาลย์ ชมโคกกรวด, 2553)

1.1 ทางระบบทางเดินหายใจหรือทางอากาศ (Airborne Infection) เป็นการติดต่อหรือ แพร่กระจายของโรคที่สำคัญที่สุดเชื้อโรคหลายชนิดล่องลอยอยู่ทั่วไปในอากาศหรือปะปนอยู่กับฝุ่นละอองเช่นเชื้อโรคจากผู้ป่วยที่ไอจามหรือบ้วนเสมหะซึ่งสามารถแพร่เชื้อสู่อากาศเมื่อผู้ที่อยู่ใกล้เคียงหรือคนทั่วไปหายใจเอาเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกายจึงทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ ได้เช่นไข้หวัดธรรมดาไข้หวัดใหญ่วัณโรคปอดปอดบวมคอตีบหัดหัดเยอรมันเป็นต้น

1.2 ทางระบบทางเดินอาหารหรือทางอาหาร (Food-born Infection) เชื้อโรคบางชนิดอาศัยอยู่ในอาหารและน้ำจึงสามารถเข้าสู่ร่างกายทางปากจากการรับประทานอาหารดื่มน้ำดื่มนมที่มีเชื้อ โรคหรือพิษของเชื้อโรคปะปนอยู่ก่อให้เกิดโรคติดต่อระบบทางเดินอาหารได้เช่น บิดไทฟอยด์ ไข้ รากสาดน้อยอุจจาระร่วงอหิวาตกโรคเป็นต้นการติดต่อและการแพร่กระจายของเชื้อโรคอาจ เนื่องมาจากมีเชื้อโรคอยู่ในอาหารนั้นอยู่แล้วหรือเกิดการติดเชื้อจากการบรรจุการขนส่งการปรุงการ เสิร์ฟการจำหน่ายเป็นต้นนอกจากนี้ภาชนะหรือข้าวของเครื่องใช้ของผู้ป่วยเช่นเครื่องใช้ในการรับประทานอาหารอาจติดเชื้อและสามารถแพร่กระจายเชื้อโรคสู่ผู้อื่นได้เมื่อมีการใช้ของร่วมกัน หรือเมื่อผู้ป่วยขับถ่ายอุจจาระที่มีเชื้อโรคลงพื้นดินและมีแมลงวันมาตอมแล้วไปตอมอาหารเชื้อโรค ก็สามารถแพร่กระจายไปสู่ผู้อื่นทางระบบทางเดินอาหารได้

1.3 ทางผิวหนัง (per-Cutaneous Infection) ปกติผิวหนังของคนเราทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ เชื้อโรคเข้าสู่ร่างกายแต่เชื้อโรคบางชนิดสามารถเข้าสู่ร่างกายทางผิวหนังได้ด้วยวิธีการดังนี้

1) โดยการสัมผัสเช่นโรคเรื้อนโรคผิวหนังกลากเกลื้อนเป็นต้น
2) เข้าทางบาดแผลหรือรอยขีดข่วนเช่นเชื้อบาดทะยักเชื้อแบคทีเรียอื่น ๆ เป็นต้น
3) ถูกสัตว์หรือแมลงกัดเช่นยุงซึ่งเป็นพาหะนำโรคหลายชนิดเข้าสู่ร่างกาย เช่น ไข้มาลาเรีย ไข้เลือดออกไข้เหลือง เป็นต้น
4) โดยการไชผ่านทางผิวหนังเข้าสู่ร่างกาย เช่น พยาธิปากขอ
5) จากการใช้เข็มฉีดยาร่วมกับผู้ที่เป็นโรคหรือรับเลือดจากผู้ที่เชื้อในเลือด เช่น โรคเอดส์ ไวรัสตับอักเสบ B เป็นต้น (กุสุมาลย์ ชมโคกกรวด. 2553.)

1.4 ทางเยื่อบุต่าง ๆ เชื้อโรคบางชนิดเข้าสู่ร่างกายทางเยื่อบุต่าง ๆ เช่น เยื่อบุตา เยื่อบุปากทั้งมี บาดแผลหรือไม่มีบาดแผลก็ได้ เช่น เชื้อราในช่องปาก เชื้อไวรัส ที่ทำให้เกิดโรคตาแดง เป็นต้น

1.5 ทางระบบอวัยวะสืบพันธุ์หรือทางเพศสัมพันธุ์ติดต่อโดยการร่วมประเวณีกับผู้ป่วยเช่น กามโรคโรคตับอักเสบชนิด 8 โรคเอดส์ เป็นต้น

1.6 ทางสายสะดือ (Trans-placental Infection) โดยทารกจะได้รับเชื้อโรคจากมารดาผ่านทางสายสะดือขณะอยู่ในครรภ์เช่นโรคซิฟิลิสหัดเยอรมันโรคเอดส์เป็นต้น

2. การแพร่กระจายของโรค

การที่เชื้อโรคเคลื่อนที่จากแหล่งที่อยู่ไปสู่คนสัตว์หรือสิ่งของอื่น ๆ แล้วทำให้เกิดโรคการแพร่กระจายของเชื้อโรคมี 2 ทางดังนี้ (กุสุมาลย์ ชมโคกกรวด, 2553.)

2.1 การแพร่เชื้อโรคโดยทางตรง (Direct transmission) หมายถึง การที่เชื้อโรคแพร่จากแหล่งหนึ่งไปสู่อีกแหล่งหนึ่งโดยไม่มีสื่อกลางหรือพาหะเป็นตัวนำไป เช่น การสัมผัสหรือได้รับเชื้อจากน้ำมูก น้ำลาย น้ำหนอง เหลืองหรือสะเก็ดแผลของผู้ป่วยนอกจากนี้ยังมีการได้รับเชื้อโดยตรงจากการได้รับเลือดซึ่งมีโรคติดต่อบางอย่างอยู่ในเลือด เช่น โรคเอดส์ โรคไวรัสตับอักเสบชนิด B เป็นต้น

2.2 การแพร่เชื้อโดยทางอ้อม (Indirect transmission) หมายถึง การที่เชื้อโรคแพร่จากแหล่งหนึ่งไปอีกแหล่งหนึ่งโดยมีสื่อกลางหรือพาหะเป็นตัวนำซึ่งไม่ใช่เป็นการติดต่อกันโดยระหว่างผู้ป่วยกับคนปกติหรือผู้ที่อยู่ใกล้ชิดเช่นเชื้อโรคอาจปะปนอยู่ในน้ำ อาหารเสื้อผ้าและของใช้ต่าง ๆ เมื่อดื่มน้ำ กินอาหารเชื้อโรคก็เข้าสู่ร่างกายได้หรืออาจได้รับเชื้อจากสัตว์น้ำ โรคเช่น ยุง แมลงวันเป็นเต้นการแพร่กระจายของเชื้อโรคโดยทางอ้อมต้องมีส่วนประกอบคือตัวเชื้อโรคต้องสามารถดำรงชีวิตเลยนอกร่างกายในชั่ว ระยะเวลาหนึ่งและจะต้องมีตัวพาหะซึ่งเป็นตัวนำ เชื้อโรคจากแหล่งหรือจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่ง

หลักในการเก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ

หลักการในการประเมินจุลชีพจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน เนื่องจากความหลากหลายของจุลชีพดังนั้นอุปกรณ์เก็บตัวอย่างเป็นการแยกอนุภาคออกจากตวักลางโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้ออาจจะเป็นของเหลวของแข็งรวมไปถึงการใช้กระดาษกรองซึ่งเทคนิคที่ใช้เก็บตัวอย่างจุลชีพในอากาศโดยการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณของจุลินทรีย์แขวนลอยในอากาศตามคำแนะนำของสถาบันความปลอดภัยในการทางานแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา มี 4 วิธี ดังตารางที่ 2.2 ดังนี้

1. การดักเก็บด้วยเพลทเก็บตัวอย่าง (Impactor method)

โดยจุลชีพแขวนลอยในอากาศจะถูกดูดผ่านช่องเล็ก ๆ และชนเข้ากับอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีความจำเพาะกับจุลชีพนั้น ๆ เครื่องมือที่ใช้จะมีการคัดขนาดของจุลินทรีย์แยกออกเป็นชั้น ตามชั้น ของเครื่องมืออนุภาคที่มีขนาดใหญ่สุดจะสะสมอยู่ชั้นบนสุดและอนุภาคที่มีขนาด

เล็กสุดจะอยู่ในชั้นสุดท้ายและเมื่อนำไปเพาะเลี้ยงในอุณหภูมิที่เหมาะสมจุลชีพนั้น ๆ ก็สามารถที่จะเจริญเติบโตสามารถเพิ่มจำนวนหรือการสร้างตัวในลักษณะที่เรียกว่า โคโลนี(Colony)

2. การกรอง (Filtration)

การกรอง (Filtration) การเก็บตัวอย่างจุลชีพในอากาศโดยทั่ว ไปใช้วิธีการกรองจุลชีพแขวนลอยออกจากอากาศด้วยกระดาษกรองซึ่งอาศัยกลไกเดียวกับการกรองอนุภาคทั่ว ๆ ไปคือการชนกับ เนื้อเยื้อหรือเส้นใยกระดาษกรองโดยตรงการเกาะติดกับกระดาษกรองเนื่องจากแรงเฉื่อยจากการแพร่จากประจุไฟฟ้าที่ต่างกันและด้วยแรงโน้มถ่วงจากนั้นล้างหรือเขย่าจุลชีพที่ติดบนกระดาษกรองลงในสารละลายแล้วจึงเจือจางสารละลายดังกล่าวตามความเหมาะสม จากนั้น จึงนา ไปเพาะบนอาหารเลี้ยงเชื้อและนับจำนวนโคโลนีได้กระดาษกรองที่นิยมใช้ทั่ว ไป คือ ชนิดเมมเบรน

3. การดักของเหลวในอิมพิงเจอร์ (Liquid impinge method)

การดักด้วยของเหลวในอิมพิงเจอร์ (Liquid impinger method) การเก็บตัวอย่างด้วยวิธีนี้ทำได้โดยการดูดอากาศในบริเวณที่ต้องการตรวจประเมินผ่านลงในของเหลวบรรจุในอิมพิงเจอร์ จุลชีพถูกดักไว้ในของเหลวมีเดียหรือของเหลวปราศจากเชื้อที่ใช้ในการดักเก็บจุลชีพมีหลายชนิดที่ใช้อย่างกว้างขวางคือ น้ำ เปปโตน ละลายในน้ำ (1% เปปโตน ผสมน้ำกลั่น กับ 0.01% Tween 80 และ0. 005% antifoam A) บีเทนละลายในน้ำ (5 mM Betaine กับ Tween 80และ antifoam A) จากนั้นจึงนำ ไปเพาะเชื้อบนอาหารที่เหมาะสมโดยทั่ว ไปของเหลวหรือมีเดียที่ดักจุลชีพไวจ้ะถูกนำไปเจือจางด้วย sterile isotonic solution ก่อนนำไปเพาะบนอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อให้ความหนาแน่นของโคโลนีเหมาะสม (30-300โคโลนี/ เพลท)

4. อุปกรณ์และเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ

เครื่องมือเก็บตัวอย่างเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศสามารถแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ชนิดด้วยกันคือชนิด active samplers และชนิด passive samplers ชนิดแรกนั้นหมายถึงการเก็บ ตัวอย่างที่ต้องใช้ปั๊มในการดูดอากาศซึ่งวิธีนี้จะรู้ปริมาตรอากาศที่เข้ามาในเครื่องมืออุปกรณ์ในกลุ่มที่ต้องใช้ปั๊ม เช่น อิมแพ็กเตอร์ (Impactor) อิมพินเจอร์ (impinger) การเก็บตัวอย่างผ่านแผ่นกรอง (filtration samplers) การใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal sampler) การใช้ไฟฟ้าสถิต(electrostatic precipitation sampler) และการใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิในการเก็บตัวอย่าง (thermal precipitation sampler) ส่วนชนิด passive sampler นั้น ไม่มีการใช้ปั๊มดูดอากาศเช่นวิธีการเช็ดพื้นผิว (Swab) ด้วยสำลีที่ฆ่าเชื้อแล้วนำไปสกัดและบ่มเพาะเชื้อหรือการใช้เทปกาวเหนียวแปะลงบนพื้นผิวใดๆเพื่อนำมาวิเคราะห์หาจุลินทรีย์ที่สนใจด้วยกล้องจุลทรรศน์รวมถึงการ

ใช้จานอาหารเลี้ยงเชื้อเปิดฝาออกเพื่อให้จุลินทรีย์ตกตัวลงมาเองด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกซึ่งอาจเรียกเป็นชนิด Sedimentary sampler ก็ได้

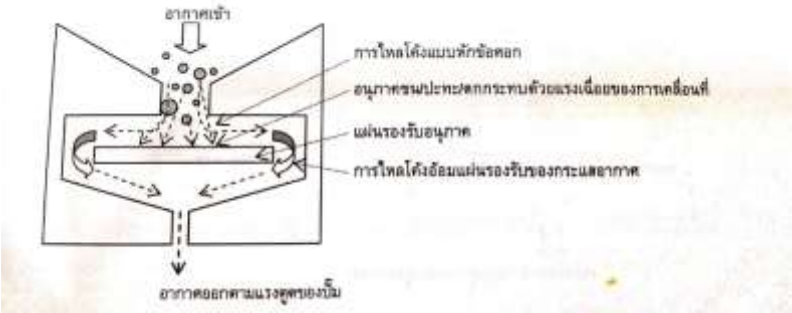
ตารางที่ 2. 2 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างในกลุ่ม active air sampler

ชนิดอุปกรณ์	ตัวอย่างที่มีขายในท้องตลาด
อิมแพ็กเตอร์ชนิดเจาะช่องทางเข้าของอากาศเป็นสี่เหลี่ยม (slit-type)	-Casella single slit and four slit sampler -Mattson-Ganvin air sampler -New Brunswick STA air sampler -Bourdillon sampler-BIAP Slit Sampler -Reyniers slit sampler-Reyniers slit sampler
อิมแพ็กเตอร์ชนิดเจาะช่องทางเข้าของอากาศเป็นรูกลม (sieve-type)	-Andersen 6-stage and 2-stage sampler-Ross -Microban sieve air sampler -Personal particulate, dust, aerosol collectorJoubert 3-stage biocollector
อิมพินเจอร์	-Al-Glass impinger 30 and pre-impinger -Midget impinger with personal air sampler -May 3-stage Glass impinger-Folin Bubbler
การเก็บตัวอย่างผ่านแผ่นกรองอากาศ	|-MSF 37 monitor 1 -Sartorius MD8 Air sampler
การเก็บตัวอย่างโดยใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง	-RCS Centrifugal samplers-Wells sampler
การเก็บตัวอย่างโดยใช้ไฟฟ้าสถิต	-LVS sampler -General Electrostatic Air sampler
การเก็บตัวอย่างโดยใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิ	-Thermal precipitation, hot wire

ที่มา : ภารดี ช่วยบำรุง, 2557

ในกลุ่มของ active samplers ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะอิมแพ็กเตอร์ อิมพินเจอร์การเก็บตัวอย่างผ่านแผ่นกรองอากาศและอุปกรณ์ที่ใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางหรือแรงเซนทริฟิวจ์เท่านั้น ก่อนจะข้ามไปยังกลุ่มของ passive samplers เลยเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้และมีจำหน่ายโดยทั่วไปขณะที่อุปกรณ์ที่ไม่ได้กล่าวถึง ได้แก่ การเก็บตัวอย่างโดยใช้ไฟฟ้าสถิตซึ่งใช้การชาร์จ ประจุให้กับอนุภาคจุลินทรีย์ให้เคลื่อนที่ไปเกาะยังขั้วอิเล็กโทรดประจุตรงกันข้ามจุลินทรีย์จึง แยกตัวออกจากกระแสอากาศได้หรือชนิดที่ใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิในการเก็บตัวอย่างที่ให้ ความร้อนกับเส้นลวดที่บรรจุขวางอยู่ภายในอุปกรณ์อนุภาคหรือจุลินทรีย์ที่เข้าเครื่องมือมาจะ เคลื่อนที่หนีความร้อนไปเกาะยังด้านที่มีความเย็นมากกว่า (มักใช้เป็นแผ่นกระจก) ทำให้แยกตัว ออกจากกระแสอากาศได้รวมถึงชนิดที่เป็น real-time ที่อ่านผลได้เลยในทันทีเป็นการใช้ที่ค่อนข้าง จะอยู่ในวงจำกัดและพบเห็นได้น้อยกว่าจึงไม่ขอกล่าวถึงในที่นี้

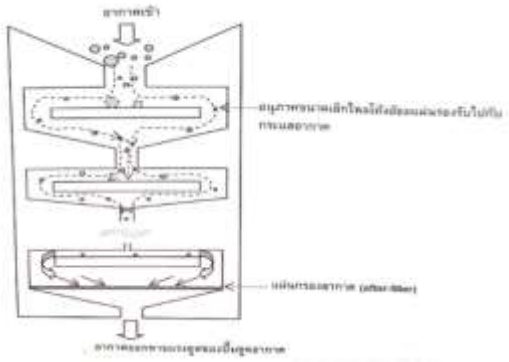
4.1 อิมแพ็กเตอร์ อุปกรณ์ที่เรียกว่า อิมแพ็กเตอร์ นั้นมาจากคำว่า อิมแพ็ก (impact) การอัด การชนหรือการกระทบซึ่งเครื่องมือนี้ใช้หลักของการทำให้กระแสอากาศไหลหักเหเปลี่ยนทิศทาง อย่างฉับพลันหลังจากที่เข้าเครื่องมือมา (ภาพที่ 2.1) ซึ่งในรูปอากาศพร้อมอนุภาคจะถูกดูดเข้า เครื่องมือมาโดยใช้ปั๊มดูดอากาศอากาศจะไหลโค้งหักข้อศอก 90 และไหลโค้ง อ้อมแผ่นรองรับในลักษณะหักข้อศอกอีกเช่นกันในลักษณะเช่นนี้ทำให้อนุภาคหรือจุลินทรีย์ที่ แขวนลอยอยู่ในอากาศไม่สามารถไหลโค้งตามกระแสออกไปได้เนื่องจากตัวมันมีแรงเฉื่อยของการ เคลื่อนที่อยู่แต่จะชนหรือปะทะหรือตกกระทบลงบนแผ่นรองรับที่นำมาวางขวางเอาไว้โดยตรง หรือในกรณีที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อแทนแผ่นรองรับจุลินทรีย์ก็จะตกลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อนั้นด้วยแรง เฉื่อยของการเคลื่อนที่อุปกรณ์ชนิดนี้จึงเรียกว่าอิมแพ็กเตอร์ตามลักษณะของการทำงานโดยกระแส อากาศยิ่งเคลื่อนตัวไวหรือเลี้ยวโค้งอย่างรวดเร็วเท่าไรอนุภาคหรือจุลินทรีย์ก็จะยิ่งถูกเหวี่ยงให้หลุด ออกจากโค้งหรือออกจากกระแสได้มากขึ้นเท่านั้นจึงทำให้เราแยกอนุภาคหรือจุลินทรีย์ออกจาก กระแสอากาศหรือทำให้เราเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศได้



ภาพที่ 2.1 ลักษณะการทำงานของอิมแพ็คเตอร์

ที่มา : ภารดี ช่วยบำรุง, 2557

อิมแพ็กเตอร์ ที่มีหลายชั้นและออกแบบให้เก็บกักอนุภาคได้หลายขนาดลดหลั่นกันลงไป จะเรียกว่าคาสเคดอิมแพ็กเตอร์ (cascade impactor) (ภาพที่ 2.2) ซึ่ง cascad หมายถึงการตกลงมาเป็น ชั้น ๆ ลดหลั่นกันเหมือนน้ำตกอนุภาคที่ไม่ตกลงบนแผ่นรองรับในชั้นที่ 1 เนื่องจากมีขนาดเล็กน้ำหนักเบาหรือมีแรงเฉื่อยน้อยจะสามารถไหลโค้งไปกับกระแสอากาศโดยอาจไปตกบนแผ่น รองรับในชั้นที่ 2 หรือชั้นถัดๆไปซึ่งรูหรือช่องทางเข้าของกระแสอากาศในชั้นถัด ๆ ไปจะบีบตัว เล็กลงเรื่อย ๆ ทำให้อากาศต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่สูงขึ้นดังนั้นอนุภาคที่ปนอยู่ในกระแสอากาศ ก็จะถูกเหวี่ยงให้หลุดออกจากโค้งของกระแสหรือตามกระแสไปไม่ทันจึงตกตัวลงบนแผ่นรองรับที่ คอยดักเอาไว้จนเหลือเฉพาะที่มีขนาดเล็กมาก ๆ เท่านั้นจึงจะตามกระแสอากาศออกไปจากชั้น สุดท้ายได้แต่อย่างไรก็ตามอนุภาคนั้นก็จะถูกกั้นไว้ด้วยแผ่นกรองในชั้นสุดท้ายที่เรียกว่าชั้น afterfilter จึงเหลือแต่เฉพาะและอนุภาคที่ผ่านแผ่นกรองไปได้เท่านั้น) ที่ออกจากเครื่องมือไปตามแรงดูดของปั๊ม

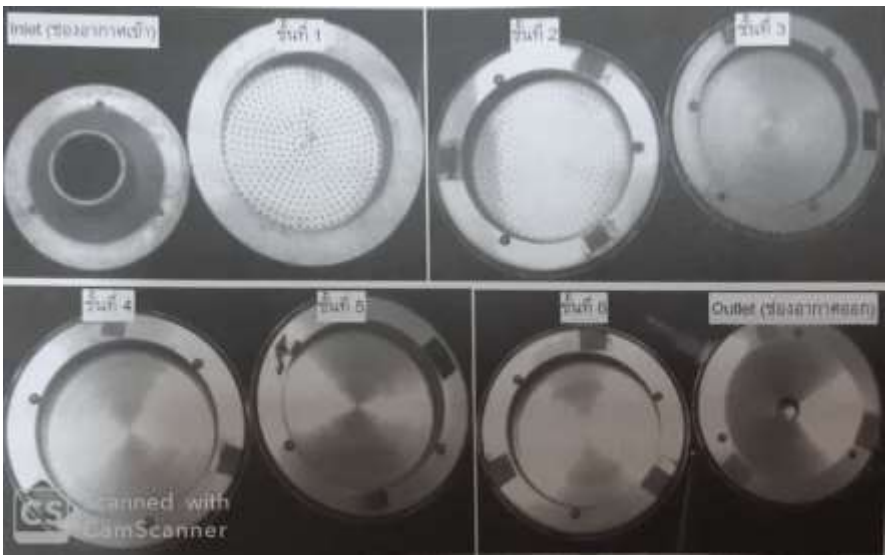


ภาพที่ 2.2 คาสเคดอิมแพ็คเตอร์

ที่มา : ภารดี ช่วยบำรุง, 2557

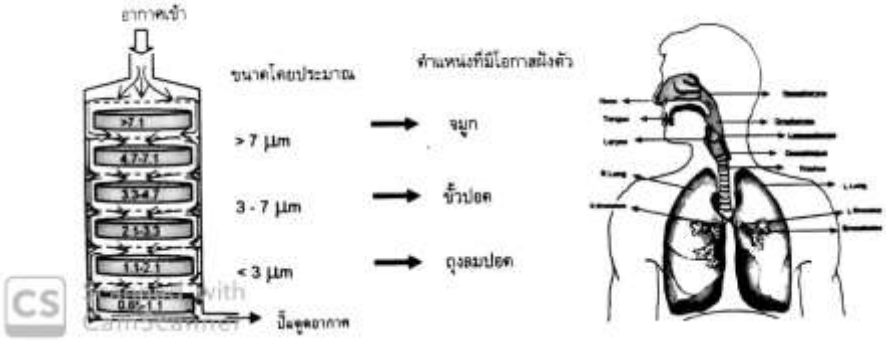
อนุภาคที่เก็บได้ในแต่ละชั้นจะมีขนาดตามที่ถูกออกแบบไว้อันเนื่องมาจากการกำหนดความเร็วที่ผ่านรูในแต่ละชั้นซึ่งการเก็บตัวอย่างทุกครั้งจำเป็นต้องใช้อัตราการดูดอากาศตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดไว้เสมอหากเปลี่ยนแปลงอัตราการดูดอากาศจะส่งผลให้ความเร็วของอากาศที่ผ่านในแต่ละชั้นเปลี่ยนไปขนาดของอนุภาคที่เก็บได้ในแต่ละชั้นก็จะคลาดเคลื่อนไปจากที่บริษัท ระบุเอาไว้ทันทีโดยหากใช้อัตราการดูดอากาศมากกว่าที่กำหนดหรือมีความเร็วมากขึ้นอนุภาคที่เก็บ ได้ในแต่ละชั้นก็จะมีขนาดเล็กกว่าที่ระบุเนื่องจากอนุภาคขนาดเล็กที่ปกติจะตามกระแสอากาศได้ ทันกลับไม่สามารถตามอากาศไปได้จึงตกตัวมากกว่าปกติและหากใช้อัตราการดูดอากาศน้อยกว่าที่ บริษัทกำหนดหรือมีความเร็วน้อยลงอนุภาคที่เก็บได้ในแต่ละชั้นก็จะมีขนาดใหญ่กว่าที่ระบุ เนื่องจากอนุภาคสามารถตามกระแสได้ทันจึงไม่ถูกเหวี่ยงให้หลุดออกจากกระแสอากาศทำให้เหลือ เฉพาะขนาดใหญ่กว่าที่บริษัทกำหนดเท่านั้นที่ตกตัวลงมาการรายงานผลในเรื่องขนาดของอนุภาคที่ เก็บได้ก็จะผิดไปจากความเป็นจริงโดยคาสเคดอิมแพ็กเตอร์ที่นิยมใช้คือแอนเดอร์สันอิมแพ็กเตอร์ (Andersen Impactor) ชนิดมาตรฐาน 8 ชั้น (ภาพที่ 2.3) ภายในประกอบไปด้วยชั้นอะลูมิเนียมที่เจาะรูไว้ทั้งหมด 400 รูโดยชั้นบนสุดขนาดของรูจะใหญ่ที่สุดชั้นรองๆลงมาจะมีขนาดรูเล็กลงเรื่อย ๆ ตามลำดับ (ภาพที่ 2.4)

ภาพที่ 2.3 แอนเดอร์สันอิมแพ็คเตอร์ชนิด 8 ชั้น



ภาพที่ 2.4 รูบนอะลูมิเนียมในแต่ละชั้นของแอนเดอร์สันอิมแพ็กเตอร์
ที่มา : ภารดี ช่วยบำรุง, 2557

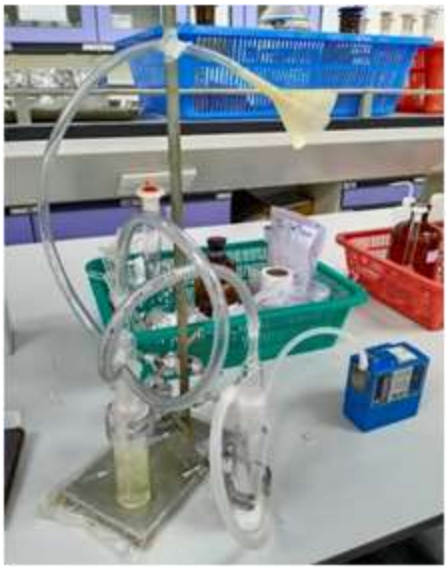
ในการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศจะต้องบรรจุจานอาหารเลี้ยงเชื้อไว้ภายใต้ชั้นอะลูมิเนียมที่เจาะรูดังกล่าวเอาไว้จุลินทรีย์ขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนักไม่สามารถตามกระแสอากาศไปได้ก็จะตกลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อชั้นบนส่วนจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็กกว่าก็จะไปตกลงจานอาหาร เลี้ยงเชื้อชั้นถัด ๆ ไปซึ่งจุลินทรีย์ที่นับได้จากจานอาหารเลี้ยงเชื้อชั้นบนสุดสามารถระบุขนาดได้ว่า มีขนาด 7.1 um) (ทราบจากบริษัทผู้ผลิต) ขณะที่จุลินทรีย์ที่พบในชั้นที่ 2 จะมีขนาด 4.7-7 ไมครอน ชั้นที่ 3 อยู่ในช่วงของ 3.3-4.7 ไมครอนชั้นที่ 4 คือ 2.1-3.3 ไมครอนชั้นที่มีขนาด 1.1-2.1 ไมครอนและชั้นสุดท้ายที่อยู่ด้านล่างสุดจะมีขนาด 0.65-1.1 ไมครอนเมื่อใช้อัตราการดูดอากาศ 28.3 ลิตรต่อนาทีซึ่งรูหรือช่องอากาศเข้าในรูปที่ 2.2 เป็นเพียงตัวแทนของรูเพียงรูเดียวในรูปที่ 2.4 โดยขนาดของจุลินทรีย์ที่พบในแต่ละชั้นสามารถนำไปเทียบกับตำแหน่งการตกตัวของจุลินทรีย์ใน ระบบทางเดินหายใจได้ดัง (ภาพที่ 2.5) โดยอนุภาคขนาดใหญ่ (> 7 ไมครอน) จะติดอยู่ที่ทางเดินหายใจ ส่วนต้น (จมูกและปาก) ส่วนขนาดเล็ก (3-7 ไมครอน) จะสามารถเข้าสู่ส่วนลึกของระบบทางเดิน หายใจซึ่งอาจจะติดอยู่ที่ตัวปอด (trachea, bronchi, bronchiole) และขนาดเล็กที่สุด (<3 ไมครอน) จะเข้าไปถึงถุงลมปอด (alveoli) ได้ทำให้คาดคะเนได้ว่า ณ สถานที่เก็บตัวอย่างมานั้นมีอนุภาคหรือจุลินทรียข์นาดเล็ก-ใหญ่มากน้อยเพียงใดมีแนวโน้มหรือความเสี่ยงที่จะไปติดอยู่ในระบบทางเดินหายใจที่ตำแหน่งใดบ้าง เป็นต้น



ภาพที่ 2.5 ขนาดของจุลินทรีย์ที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจในตำแหน่งต่างๆ

ที่มา : ภารดี ช่วยบำรุง, 2557

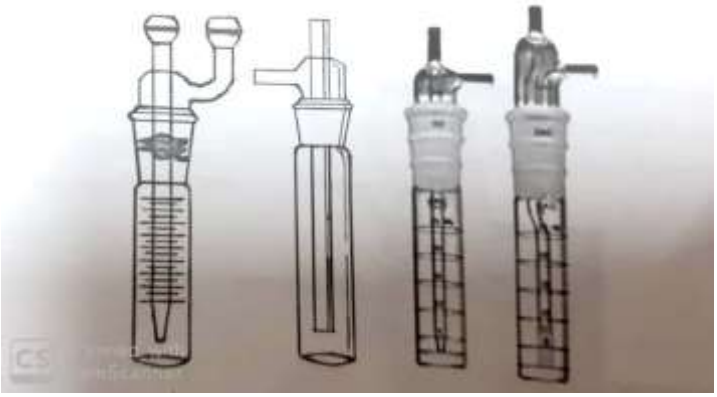
4.2 อิมพินเจอร์ อุปกรณ์เก็บตัวอย่างชนิดอิมพินเจอร์ (impinger) หรือ liquid impinger ใช้ หลักการทำงานเช่นเดียวกับอิมแพ็กเตอร์เพียงแต่ตัวกลางที่กระแสอากาศตกลงมากระทบนั้นเป็นของเหลวเท่านั้นโดยคำว่าอิมพินจ์ (impinge) หมายถึง กระทบกระแทกหรือชนปะทะอุปกรณ์ที่ใช้หลักของการชนปะทะหรืออิมพินจ์จึงเรียกว่าอิมพินเจอร์กล่าวคือปั้มจะดูดเอาอากาศที่มีจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่ด้วยเข้าเครื่องมือมาทางช่องทางเข้า (ภาพที่ 2.6) แล้วตกกระทบลงบนตัวกลางที่เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่บรรจุไว้ภายในให้เป็นตัวดักจับจุลินทรีย์เอาไว้ (อาจใช้0.85% NaCl สำหรับสร้างสมดุลการออสโมซิสของจุลินทรีย์หรือใช้ 1% peptone สำหรับจุลินทรีย์ที่เกิดความเครียดง่าย) ในปริมาตรตั้งแต่ 2-20 มิลลิลิตรขึ้นกับว่าต้องการความเข้มข้นมากน้อยเพียงใดเมื่อจุลินทรีย์พุ่งลงไปปะทะกับของเหลวภายในขวดก็จะเหลือแต่เฉพาะกระแสของอากาศเท่านั้นที่ไหลออกทางช่องทางออกด้านข้างตามแรงดูดของปั๊ม



ภาพที่ 2.6 ขวดอิมพินเจอร์และปั๊มดูดอากาศ

ในรูปที่แสดงนั้นใช้ขวดอิมพินเจอร์ 2 ใบอากาศที่ออกจากขวดใบที่ 1 ทางด้านข้างไหลวก ไปเข้าขวดใบที่ 2 ทางด้านบนและอากาศที่ออกจากขวดใบที่ 2 จึงจะเข้ามีปั๊มดูดอากาศซึ่งขวดใบที่ 2 นี้อาจใช้เป็นขวดเปล่าไว้สำหรับดักจับละอองของเหลวที่อาจหลุดออกมาจากขวดใบที่ 1 เพื่อช่วยป้องกันไม่ให้ของเหลวเข้าสู่ปั๊มดูดอากาศก็ได้เมื่อสิ้นสุดการเก็บตัวอย่าง อาจนำจุลินทรีย์ที่ตกอยู่ในตัวกลางของเหลวไปกรองเพื่อเพิ่มความเข้มข้นก่อนนำไปบ่มเพาะเชื้อ หรืออาจนำไปเจือจางก่อน เกลี่ยเพาะเชื้อหรือเกลี่ยเพาะเชื้อเลยก็ได้ ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของจุลินทรีย์ในสถานที่นั้น ๆ ซึ่ง วิธีนี้อาจไม่เหมาะกับจุลินทรียกลุ่มที่ไม่ชอบน้ำ(hydrophobic microorganisms) เช่นสปอร์ของเชื้อ รา หรือกลุ่มที่ทนแรงปั่นป่วน (turbulence) และแรงเฉือน (Shear force) จากวิธีการเก็บตัวอย่างไม่ได้

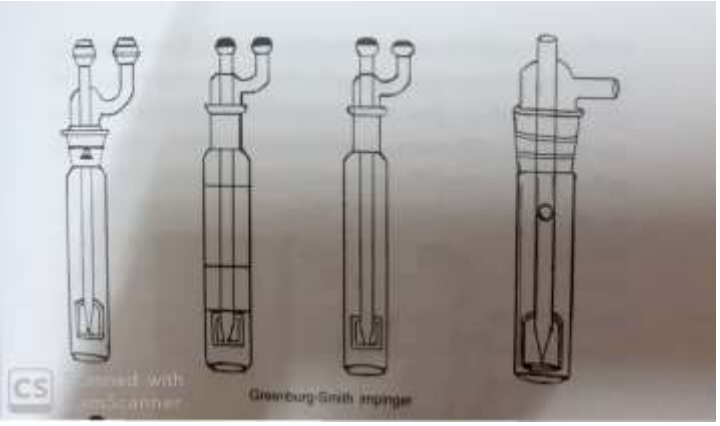
โดยทั่วไปอิมพินเจอร์สามารถแบ่งได้เป็นชนิดมิดเจต (Midget impinger) และชนิดกรีน เบอร์ก-สมิธ (Greenburg-Smith impinger) แบบมิดเจตนั้นมีขนาดความจุประมาณ 25-30 มิลลิลิตร (ภาพที่2.7) นิยมใช้อัตราการดูดอากาศ 2.55-3.115 ลิตรต่อนาที (หรือ 0.09-0.11 ลบ. ฟุตต่อนาที) ที่ความดันสุญญากาศ 12 นิ้วน้ำ



ภาพที่ 2.7 มิดเจตอิมพินเจอร์

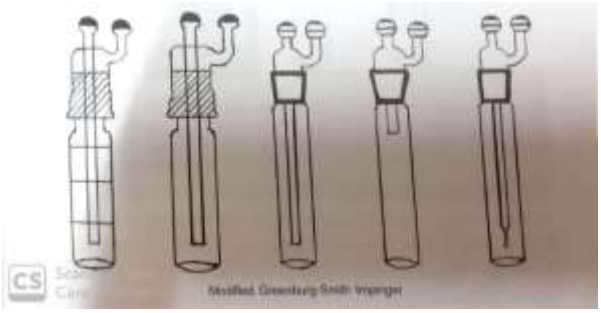
ที่มา : ภารดี ช่วยบำรุง, 2557

แบบกรีนเบอร์ก-สมิธ (ภาพที่ 2.8) นั้นมีขนาดใหญ่กว่ามาก (ความจุ 500 มิลลิลิตร) ช่อง อากาศเข้า (ทางตรงด้านบน) และอากาศออก (โค้งขวามือ) มีขนาด 1.25 เซนติเมตรนิยมใช้อัตราดูด อากาศ 28 ลิตรต่อนาทีนอกจากนี้ยังมีการดัดแปลงส่วนปลายแท่งแก้วที่ก้นขวดทางด้านล่างให้เป็น แท่งตรงซึ่งเรียกว่า Modified Greenburg-Smith อีกด้วย



ภาพที่ 2.8 กรีนเบอร์ก-สมิธอิมพินเจอร์

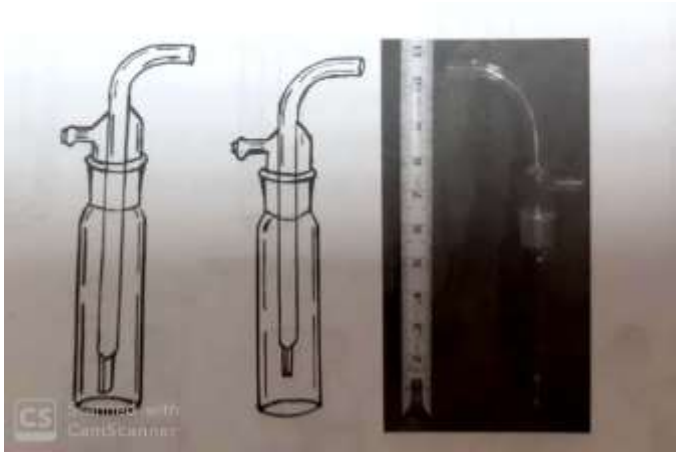
ที่มา : ภารดี ช่วยบำรุง, 2557



ภาพที่ 2.9 Modified Greenburg-Smith

ที่มา : ภารดี ช่วยบำรุง, 2557

นอกจากนี้ยังมีอิมพินเจอร์ที่เรียกว่า All Glass Impinger หรือ AGI ซึ่งแบ่งเป็นแบบ AGI-4 และ AGI-30 โดยทั่วไปมีขนาดความจุ 125 มิลลิลิตรมีความสูงประมาณ 104 นิ้วหรือ 27.3 เซนติเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางของขวดแก้ว 1.5 นิ้วหรือ 3.8 เซนติเมตร (ภาพที่ 2.9) ตัวเลข 4 หรือ 30 ที่อยู่หลังคำว่า AGI-4 หรือ AGI-30 หมายถึงระยะห่างของปลายแท่งแก้วเหนือก้นขวดขึ้นมา 4 มิลลิเมตร หรือ 30 มิลลิเมตรตามลำดับอัตราการดูดอากาศแบบ AGI-4 นั้นนิยมที่ 6 ลิตรต่อนาทีส่วน แบบ AGI-30 นิยมที่ 72.3-12.6 ลิตรต่อนาทีแบบ AGI-4 สามารถเก็บอนุภาคหรือจุลินทรีย์ได้ขนาด ที่เล็กกว่าแบบ AGI-30 แต่อัตราการมีชีวิตรอดของจุลินทรีย์ที่เก็บโดยแบบ AGI-30 ก็สูงกว่าแบบ AG1-4 เช่นกัน



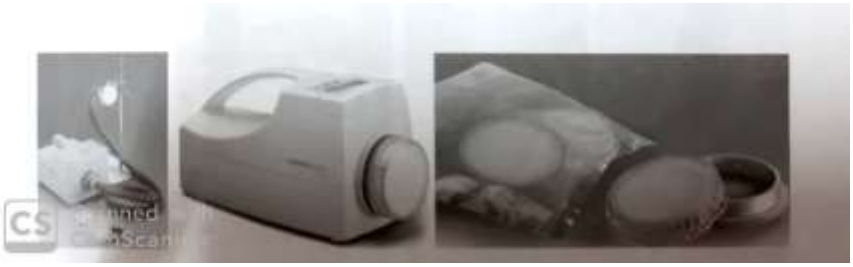
ภาพที่ 2.10 อิมพินเจอร์ชนิด AGI-4 และ AGI-30

ที่มา : ภารดี ช่วยบำรุง, 2557

การใช้อุปกรณ์อิมพินเจอร์เก็บตัวอย่างนั้นต้องระวังไม่ให้ของเหลวในขวดไหลเข้าสู่ปั้มดูดอากาศเพราะจะทำให้ปั้มเสียได้ง่ายโดยในการต่ออุปกรณ์อาจใช้เป็นตลับบรรจุแผ่นกรองต่อเอาไว้ก่อนหน้าตัวปั้มเพื่อคอยดักอากาศที่มีละอองของเหลวปนอยู่ก่อนที่จะเข้าปั้มหรืออาจใช้ขวดอิมพินเจอร์เปล่าที่ไม่ได้บรรจุของเหลวใด ๆ อีกใบต่อพ่วงเอาไว้เพื่อดักของเหลวที่ปนมากับอากาศ ก็ได้หรือในการเก็บตัวอย่างอากาศที่คาดว่าจะมีจำนวนจุลินทรีย์อย่างหนาแน่นอาจใช้ ขวดอิมพินเจอร์ที่บรรจุของเหลวมากกว่า 1 ใบต่อพ่วงกันเป็นชุดก็ได้โดยการเก็บตัวอย่างไม่ว่าจะ ใช้ขวดกี่ใบหรือใช้ตลับแผ่นกรองคอยดักจับละอองของเหลวไว้หรือไม่การทดสอบอัตราการดูด อากาศของปั้มก่อนนำไปเก็บตัวอย่างจริงจะต้องต่ออุปกรณ์ให้เหมือนกับที่นำไปเก็บตัวอย่างจริงทุก ประการกล่าวคือถ้าใช้ขวดอิมพินเจอร์เก็บตัวอย่าง 2 ใบการสอบเทียบอัตราการดูดอากาศใน ห้องปฏิบัติการก็ต้องใช้ขวด 2 ใบด้วย (ต้องบรรจุตัวกลางในลักษณะเดียวกันกับที่จะไปเก็บตัวอย่างจริง) หรือถ้าใช้ตลับแผ่นกรองดักของเหลวไม่ให้เข้าการสอบเทียบอัตราการดูดอากาศก็ต้องใช้ ตลับแผ่นกรองต่อพ่วงกับปั๊มด้วยเช่นกัน

4.3 การเก็บตัวอย่างผ่านแผ่นกรองอากาศ

วิธีนี้เป็นการดูดอากาศผ่านแผ่นกรองด้วยการใช้ปั้มดูดอากาศในอัตราการไหลต่าง ๆ ตามแต่การออกแบบของบริษัทผู้ผลิต (เช่น 30 นาทีสำหรับ Sartorius MD8) จุลินทรีย์ที่ปนมากับกระแสของอากาศจะถูกดักจับไว้บนแผ่นกรองสามารถนำไปนับจำนวนหรือวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์หรืออาจนำไปวางเพาะเชื่อบนอาหารเลี้ยงเชื้อหรืออาจสกัดออกจากแผ่นกรองเพื่อการวิเคราะห์แบบอื่น นอกเหนือจากการเพาะเชื้อเพื่อนับจำนวนก็ได้แผ่นกรองที่นิยมใช้มักเป็น เมมเบรนหรือชนิดเซลลูโลสเอสเตอร์ที่เคลือบเจละตินซึ่งละลายน้ำได้หรือกรณีที่วิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ภายใต้แสงฟลูออเรสเซนต์มักนิยมใช้ชนิดพอลิคาร์บอเนตข้อควรระวังของวิธีนี้คือ ต้องอย่าให้แผ่นกรองแห้งจนทำให้จุลินทรีย์ที่เกาะติดอยู่ตายได้



ภาพที่ 2.11 Sartorius MD8 Air Sampler และ Air MD8

ที่มา : ภารดี ช่วยบำรุง, 2557

4.4 การเก็บตัวอย่างโดยใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

อุปกรณ์นี้ใช้หลักการเดียวกับเครื่องเซนทริฟิวฎ์ (centrifuge) ที่ใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนยก์ลาง ให้อนุภาคปะทะกับผนังของเครื่องมือทำให้แยกอนุภาคออกมาจากกระแสของอากาศได้ซึ่งผู้ผลิตได้จัดทำให้อยู่ในรูปแบบของอุปกรณ์ที่ถือพกพาไปได้ง่ายดังเช่น Reuter Centrifugal air sampler ชนิดมาตรฐาน และชนิดอัตราการไหลสูง กล่าวคือที่หัวของเครื่องมือได้ ออกแบบให้มีลักษณะเป็นใบพัดหมุนได้บรรจุอยู่ในวงแหวนทรงกระบอก โดยสอดแผ่นอาหารเลี้ยงเชื่อไว้ที่ขอบวงแหวนนั้น เมื่อเครื่องทำงานใบพัดจะหมุนดูดอากาศมากระทบกับแผ่นอาหารเลี้ยงเชื่อที่อยู่ที่ขอบรอบๆ เมื่อเสร็จสิ้นการเก็บตัวอย่างก็จะดึงแผ่นอาหารเลี้ยงเชื้อออกไปบ่มเพาะเชื้อได้เป็นโคโลนีของ จุลินทรีย์ในอากาศต่อไป

4.5 การเก็บตัวอย่างโดยการตรวจวัดตามธรรมชาติ

การเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศในกลุ่มนี้คือการเปิดจานอาหารเลี้ยงเชื้อทิ้งไว้ให้จุลินทรีย์ตกตัวลงมาเองตามแรงโน้มถ่วงของโลก โดยมีผู้นิยมใช้เก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ ในห้องผ่าตัดเนื่องจากสามารถจำลองภาวะของการติดเชื้อจากการที่อนุภาคของจุลินทรีย์นั้นตกลง ยังแผลผ่าตัดโดยตรงได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่าวิธีดูดอากาศเข้าเครื่องมือแบบ active samplers เนื่องจากการใช้ active samplers จะทำให้จุลินทรีย์ขนาดเล็กที่ล่องลอยอยู่ในอากาศซึ่ง ปกติจะไม่ตกตัวลงมาบนแผลผ่าตัดถูกดูดเข้าสู่เครื่องมือมาด้วยการรายงานผลจึงเป็นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีอยู่ในอากาศไม่ได้สะท้อนถึงสภาพการติดเชื้อตามความเป็นจริง ซึ่งการ เปิดจานอาหารเลี้ยงเชื้อมีข้อดีในเรื่องราคาที่ถูกหาได้ง่ายสามารถใช้จานอาหารเลี้ยงเชื้อหลายอัน เก็บตัวอย่างในสถานที่ต่าง ๆ ในเวลาเดียวกันได้รวมถึงความแปรปรวนของข้อมูลนั้นมีน้อยกว่าการ ใช้อิมแพ็กเตอร์มาก แต่อย่างไรก็ตามกลุ่มผู้วิจัยที่นิยมใช้วิธี active sampling มักไม่ยอมรับวิธีเปิด จานอาหารเลี้ยงเชื้อนี้เนื่องจากไม่สามารถระบุถึงปริมาตรอากาศของตัวอย่างที่เก็บได้และจำกัด เฉพาะจุลินทรีย์ขนาดใหญ่เท่านั้นที่ตกลงสู่จานอาหารเลี้ยงเชื้อรวมถึงไม่มีค่ามาตรฐานที่ชัดเจน

4.6 อุปกรณ์สำหรับการดักเก็บตัวอย่างด้วยเพลทเก็บตัวอย่าง (Impactor method)

ถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถคัดแยกขนาดอนุภาคและนับจำนวนจุลชีพที่มีชีวิตในเวลาเดียวกันได้มี หลายชนิด ได้แก่ อุปกรณ์ชนิดหกชั้น (Six stage impactor) อุปกรณ์ชนิดสองชั้น (Two stage impactor) อุปกรณ์ชนิดชั้นเดียว (Single stage impactor) ข้อดีของอุปกรณ์ชนิดนี้คือสามารถดักเก็บ จุลชีพบนอาหารเพาะเชื้อได้โดยตรงไม่ต้องเจือจางหรือล้างอุปกรณ์เก็บเพื่อนำไปเพาะเชื้อต่อขณะที่ปัญหาหลักคือสามารถเก็บเฉพาะจุลชีพที่มีชีวิตเท่านั้นไม่สามารถวิเคราะห์ตัวอย่าง

อากาศจุลชีพที่ ไม่มีชีวิตหรือไม่สามารถเพาะเชื้อขึ้นซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้เช่นกันหากหายใจเข้าไปและ จุดอ่อนอีกประการหนึ่งคือหากมีจุลชีพจำนวนมากในอากาศอาจมีจุลชีพมากกว่าหนึ่งตกลงบน อาหารเลี้ยงเชื้อในจุดเดียวกันซึ่งส่งผลให้การวิเคราะห์ต่ำกว่าความเป็นจริง

4.7 อุปกรณ์สำหรับการดักเก็บตัวอย่างด้วยการกรอง (Filtration)

กระดาษกรองชนิดเมมเบรนเป็นกระดาษกรองที่ใช้แพร่หลายในการดักเก็บอนุภาคชีวภาพ โดยบรรจุกระดาษกรองไว้ในตลับยึดกระดาษกรองเช่นเดียวกับการเก็บตัวอย่างอนุภาคทั่วไปสิ่ง สำคัญที่แตกต่างจากการเก็บภาคทั่วไปคือกระดาษกรองนั้นต้องปราศจากเชื้อหลังจากเก็บตัวอย่างแล้วนำ กระดาษกรองไปชะล้างอนุภาคบนกระดาษกรองออกและนำน้ำจากการล้างไปเพาะเชื้อข้อดีของอุปกรณ์ชนิดนี้คือใช้ได้สำหรับจุลชีพหลายชนิดและง่ายขณะที่ปัญหาสำคัญของการเก็บ ตัวอย่างด้วยอุปกรณ์ชนิดนี้คือจุลชีพที่มีชีวิตอาจตายในระหว่างการเก็บตัวอย่างและการล้างอนุภาค ออกจากกระดาษกรองไม่สามารถนำ จุลชีพออกมาได้เช่นกัน

4.8 อุปกรณ์สำหรับการดักเก็บตัวอย่างด้วยของเหลว

ในอิมพิงเจอร์อุปกรณ์ชนิดนี้ถูกพัฒนามากว่า 70 ปีแล้วและคงใช้จนกระทั่งทุกวันนี้เนื่องจากราคาถูกและใช้ง่าย ของเหลวในหนึ่งตัวอย่างอาจนำไปเพาะเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อต่างชนิดเพื่อวิเคราะห์จุลชีพต่างชนิดได้ด้วยข้อจำกัดของอุปกรณ์นี้คือจุลชีพอาจตายในระหว่างการเก็บตัวอย่างเนื่องจากการกระแทกกับกันของอิมพิงเจอร์ และอาจสูญเสียจุลชีพไปจากการกลับเข้าสู่กระแสอากาศและเคลื่อนที่ออกไปกับอากาศอีกครั้งหนึ่งนอกจากนั้นจุลชีพบางชนิดอาจช็อกเนื่องจากการเปียกชื้นอย่างกะทันหันหรือจากการดูดซึมน้ำเข้าไปในขณะที่จมอยู่ในสารละลาย ในอิมพิงเจอร์

มาตรฐานการปนเปื้อนของจุลชีพในอากาศ

การกำหนดค่ามาตรฐานของจุลชีพในอากาศที่ปลอดภัยสำหรับมนุษย์ส่วนมากเป็นเพียงค่าที่แนะนำไว้เป็นเกณฑ์แต่ละสถาบัน หรือผู้เชี่ยวชาญให้เกณฑ์ไว้ต่าง ๆ กัน ตามประสบการณ์การและการศึกษาวิจัยเช่นของเชื้อรามีตั้งแต่ไม่ให้เกิน 100 cf / m^3 จนถึง 1000 cf / ms สำหรับอาคารภายในอาคารทั่วไปที่ไม่มีการปนเปื้อนเชื้อจุดด้อยของเกณฑ์เหล่านี้คือเกณฑ์ยังไม่ได้อ้างอิงกับข้อมูลผลต่อสุขภาพมนุษย์และค่ากำหนดได้มาจากการตรวจวิเคราะห์จุลชีพที่มีชีวิตโดยไม่ได้รวมละอองชีวภาพทั้งหมดซึ่งพวกallergens อยู่ด้วยนอกจากนี้ยังไม่มีมาตรฐานการเก็บตัวอย่างที่กำหนดออกมาใช้ให้เป็นสากลทำให้อ่านผลและแปลผลแตกต่างกันได้มากเนื่องจากเครื่องมือที่ใช้เก็บ มีมากมายหลายชนิดและมีความแตกต่างกัน ในการใช้งานต่างๆกันค่าที่วัดได้ครั้งหนึ่งๆในแต่ละสถานที่มีความ

แปรปรวนสูงอีกทั้งมีปัจจัยอื่นๆที่มีบทบาทต่อปริมาณของเชื้อในอากาศ ณ ขณะหนึ่งๆอย่างไรก็ตาม ค่ากำหนดที่รวบรวมไว้ตอนท้ายนี้เป็นของสถาบัน ต่างๆที่เสนอแนะเป็นแนวทางเพื่อใช้ในในการเปรียบเทียบซึ่งไม่ได้หมายความว่าจำนวนแบคทีเรียสูงกว่านี้จะไม่มีความปลอดภัยต่อสุขภาพหรือหากต่ำกว่านี้จะปลอดภัยกับสุขภาพเพราะปัจจัยร่วมอื่นๆและปัจจัยของแต่ละบุคคลมีบทบาทสำคัญในการก่อโรคด้วยเช่นกัน ดังนั้นการแปรผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลชีพในอากาศควรใช้หลักในการพิจารณาหรือคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้ร่วมด้วยเสมอในส่วนสถาบัน หลักที่ได้มีค่าคำแนะนำ เกี่ยวจุลินทรีย์ในอากาศในบริเวณสถานที่ทางานเช่น ACGIH, WHO, USOSHA เป็นต้น

(1.) สถาบันสิ่งแวดล้อมของสิงคโปร์แนะนำ ระดับของแบคทีเรียและเชื้อราไม่ควรเกิน 500 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดีของสถานที่ทำงาน

(2.) มาตรฐานเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในอาคารของประเทศฮ่องกงคือ 1000 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร

(3.) มาตรฐานการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศของ American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) คือ 750 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร

(4.) ค่าแนะนำ คุณภาพอากาศภายในอาคารและสถานที่สาธารณะ เฉลี่ย 8 ชั่วโมง โดย Indoor Air Quality Management Group ของ Hong Kong Special Administrative Region ถ้ามีปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค <500 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร จัดอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยมแต่ถ้ามีปริมาณเชื้อแบคทีเรียก่อให้เกิดโรค<1, 000 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร จัดอยู่ในเกณฑ์ดี (กุสุมาลย์ ชมโคกกรวด, 2553)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กฤษณียา สังขจันทรานนท์ (2548) ทำการศึกษาชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อโรคในโรงพยาบาลและการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศจากจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดในโรงพยาบาลศรีนครินทร์จังหวัดขอนแก่นด้วยเครื่องมือ 3 ชนิดคือ Andersen Impactor, BioSampler และ Open plate พบว่า Andersen Impactorและ Open plate เท่านั้นที่ให้ผลใกล้เคียงกัน ทั้งชนิดและปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์การศึกษานี้พบจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศทั้งหมด 11 Genus แบ่งเป็นเชื้อแบคทีเรีย 7Genus และเชื้อรา 5 Genus เชื้อแบคทีเรียที่พบมากเป็น 5 อันดับแรกคือ *Staphylococcus* พบมากที่สุดถึง 17.8% (688 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร) รองลงมาคือ *Micrococcus* พบ 14.0% (541 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร) ถัดมาคือ Pseudomonas พบ 13.8%(534 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร) NFB พบ 13.1% (507 โคโลนีต่อ

ลูกบาศก์เมตร) และ*Bacillus* พบ 12.16 (467 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร) ส่วนเชื้อราที่พบมากที่สุด 3 อับดับแรกคือ *Aspergillus* พบ 8.09% (309 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร) *Penicillium* พบ 5.696 (217 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร) และ *Curvularia* พบ3.69% (138 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร)จากการเก็บตัวอย่างโดยใช้ Andersen Impactor

ชุลีวัลย์ ธัญญศิรินนท์,พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์ และภารดี ช่วยบำรุง (2551) ทำการศึกษาการเปรียบเทียบเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศระหว่างAndersen Impactor ชนิด 6 ชั้นและชนิดชั้นเดียว (N6)โดยการเก็บตัวอย่างเชื้อราในบรรยากาศทั้งภายในอาคารและภายนอกอาคารเพื่อเปรียบเทียบถึงจำนวนความเข้มข้น ที่ได้จากการใช้เครื่องมือสองชนิด คือ Andersen Impactor ชนิดมาตรฐาน 6 ชั้น และชนิดชั้นเดียวแบบ N6 นั้น พบว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจากการใช้ paired t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha < 0.01$ โดยที่ค่า สหสัมพันธ์ของวิธีทั้งสองมีค่าต่ำมาก อยู่ในช่วงของ 0.01-0.68 โดยความเข้มข้นของเชื้อราที่ได้จากชนิด N6 มีค่า มากกว่าที่ได้จากชนิดมาตรฐาน 6 ชั้น และพบจำนวนเชื้อราทั้งหมดในบรรยากาศภายในอาคาร (165-167 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร) มากกว่าบรรยากาศภายนอกอาคาร (129-134 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งชนิดของเชื้อราที่พบมากที่สุด 3 อันดับแรกทั้งในและนอกอาคาร คือ *Aspergillus, Penicillium* และ *Curvularia* ตามลำดับ

เด่นนภา รุ่งศิริและลาวัลย์ฟังขจร (2554) ทำการศึกษาเรื่องความหลากหลายของจุลินทรีย์ในเครื่องปรับอากาศของมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาโดยการศึกษาความหลากหลายของจุลินทรีย์ในเครื่องปรับอากาศของมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ณ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศห้องสมุดชั้น 6และชั้น 7 สำนักงานคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีห้องพักอาจารย์ภาควิชาชีววิทยาชั้น 5และชั้น 6 ห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยา 965 รวมทั้งหมด 7แห่ง ๆละ 3 ซ้ำ โดยใช้วิธีSwab test จากการศึกษาปริมาณและจำนวนไอโซเลตของเชื้อแบคทีเรียในเครื่องปรับอากาศพบว่าสถานที่ที่มีปริมาณและจำนวนไอโซเลตมากที่สุดคือห้องสมุดชั้น 6 น้อยที่สุดคือห้องพักอาจารย์ภาควิชาชีววิทยาชั้น 5 ซึ่งจากการศึกษาสัณฐานวิทยาพบแบคทีเรียแกรมบวกรูปท่อนมากที่สุดรองลงมาคือแบคทีเรียแกรมลบรูปท่อนแกรมบวกรูปกลมและแกรมลบรูปกลมตามลำดับ

ศิริพร ศรีเทวิณ และกาญจนา นาถะพินธุ (2555) ศึกษาเรื่องการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศที่ก่อโรคในโรงพยาบาลขนาดที่แตกต่างกัน โดยเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศจากจุดเก็บตัวอย่าง 4จุดคือคลินิกวัณ โรค, หอผู้ป่วยนอก, ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉินและห้องทำงานบริหารงานทั่วไปจากโรงพยาบาลชุมชน 3แห่งที่มีขนาดแตกต่างกัน ด้วยเครื่องมือ2 ชนิดคือ Biosampler และ Open

plate พบชนิดของเชื้อแบคทีเรียในโรงพยาบาลชุมชนที่ทำ การศึกษาทั้งหมด 8 ชนิดจำแนกเชื้อได้เป็น 2กลุ่มคือเชื้อที่สามารถก่อโรคได้1 ชนิดคือ Acinetobacter spp.และเชื้อชนิดไม่ก่อโรค7ชนิดได้แก่ *Aspergillusspp., Staphylococcus spp., Diphtheroidspp., Micrococcus spp., Streptococcus spp., Bacillus spp.* และ *Fusarium spp.*จุดที่พบเชื้อจุลินทรีย์มากที่สุดที่โรงพยาบาลชุมชนขนาด 90 เตียงและ 120 เตียงคือหอผู้ป่วยนอกส่วนโรงพยาบาลชุมชนขนาด 30 เตียงพบเชื้อจุลินทรีย์มากที่สุดที่คลินิกวัณโรคจากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าในจุดที่เก็บตัวอย่างจะพบเชื้อรา *Aspergillus spp.* มากที่สุดซึ่งเป็นเชื้อฉวยโอกาสซึ่งอาจก่อโรคกับผู้ที่มีร่างกายอ่อนแอได้

กิจจา จิตรภิรมย์, ปธานิน แสงอรุณ และวรันธร คำพิลา (2556) ทำการศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราและการควบคุมเชื้อราในอากาศภายในสถานบริการสปาโดยการตรวจประเมินการปนเปื้อนของเชื้อราในอากาศและการจัดการควบคุมเชื้อราภายในสถานบริการสปาจำนวน 3แห่งในกรุงเทพฯโดยใช้วิธีการ Settle plate โดยการเปรียบเทียบปริมาณเชื้อราภายในอากาศระหว่างภายในและภายนอกอาคารจำนวน 8จุดในแต่ละแห่งพบว่าปริมาณการปนเปื้อนเชื้อราของสถานมาทั้ง 3 แห่งโดยเชื้อราทั่ว ไปที่พบคือ *Scedosporium spp., Penicillum spp., Cladosporiumspp.* และ *Alternariaspp.* จากการหาปริมาณเชื้อราทั้งหมด (Total fungal count) ที่ปนเปื้อนด้วยวิธีป้ายเชื้อ(Swab) จากพื้นภายในสปา ซึ่งรากลุ่มเด่นที่พบโดยวิธีการป้ายเชื้อนี้พบเป็นราจีนัส เดียวกันกับ ที่เก็บในอากาศด้วยวิธี settle plate ภายในสถานบริการสปาทั้ง 3แห่ง

จักรพงษ์ นิมานะ, ศิริลักษณ์ เจริญรัตน์และ วราลี บุญญพิทักษ์สกุล (2557) ทำการศึกษาชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศซึ่งเป็นสาเหตุโรคภูมิแพ้และการติดเชื้อภายในห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยพายัพจำนวน 6 ห้องปฏิบัติการโดยใช้หลักการ settle plate พบว่าห้องปฏิบัติการทั้ง 6 ห้องของคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยพายัพ มีปริมาณจุลินทรีย์เฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ระดับ ดีมากถึงแย่มากพบเชื้อก่อโรคในอากาศทั้ง 6 ชนิดคือ *Cladosporium sp.* ในปริมาณสูงนอกจากนี้ยังพบแบคทีเรีย *Bacillus sp.* มากที่สุดรองลงมาคือ Staphylococcus aureus และแบคทีเรียแกรมลบรูปแท่งตามลา ดับส่วนเชื้อราพบ *Penicillium sp.* มากที่สุดรองลงมาคอ *Aspergillus sp.*และ *Curvularia sp.* ตามลำดับ ทำให้ห้องปฏิบัติการเสี่ยงต่อการทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ได้

Ross, C., Menezes, J. R., Svidzinki, T., Albino, U. and Andrade, G. (2004) ทำการศึกษาปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศของอาคารที่มีการใช้ระบบปรับอากาศได้แก่ห้องประชุมโรงพยาบาล บริษัท และศูนย์การค้าในประเทศบราซิลโดยทำการศึกษาในฤดูหนาวของปี 2001 พบว่าโรงพยาบาลมีจำนวนเชื้อราในอากาศเท่ากับ 94 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตรซึ่งมีค่าเกินค่าที่

องค์การอนามัยโลกกำหนดเกือบ 4 เท่าโดยองค์การอนามัยโลกกำหนดให้มีค่าได้ไม่เกิน 50โคโลนีต่อลูกบาศก์จึงอาจส่งผลกระทบต่อผู้ป่วยที่มีสุขภาพอ่อนแอ่อยู่แล้วได้เชื้อราที่พบมากที่สุดคือ *Penicillium sp.* รองลงมาคือ *Aspergillus sp. Epicoccum sp.*และ *Alternaria sp.* ตามลำดับ ส่วนปริมาณของแบคทีเรียในอากาศภายในโรงพยาบาลมีค่าเท่ากับ 54. 60 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งไม่เกินค่าที่องค์การอนามัยโลกกำหนดคือ100 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตรนอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยจากภายนอกอาคารกิจกรรมและจำนวนของผู้อาศัยภายในอาคารเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราภายในอากาศ

Kim KY. and Kim C. N. (2007) ศึกษาปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในอาคารสาธารณะของประเทศเกาหลีได้แก่โรงพยาบาลโรงเรียนอนุบาลบ้านพักคนชราแวง. เด็กหลังคลอดพบว่า ปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในโรงพยาบาลมีค่าเกินมาตรฐานที่องค์การรอนามัยโลกกำหนดและในทุกอาคารค่าอัตราส่วนของแบคทีเรียและเชื้อราภายในอาคารและภายนอกอาคาร (VO ratio) มีคาตากว่า 1.0แสดงว่าในงานวิจัยนี้แหล่งกำเนิดจากอาคารส่งผลต่อปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราภายในอาคารโดยแบคทีเรียที่พบส่วนใหญ่เป็นพวก *Staphylococcus spp. Micrococcus spp. Corynebacterium spp.* และ *Bacillus* ดันและเชื้อราที่พบส่วนใหญ่เป็นพวก *Penicilium spp. Cladosporium spp.* และ *Aspergillus spp.* ตามลำดับ

บทที่3
วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีลักษณะเป็นการสำรวจในพื้นที่และนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเพื่อศึกษาปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในอาคาร โดยใช้เครื่อง Andersen Impactor และเครื่อง Impinger ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา โดยมีรายละเอียดของการวิจัยดังนี้

1. พื้นที่ทำการวิจัย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

พื้นที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ

(1) Impinger ดังภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3.1 ขวดอิมพินเจอร์

(2) Andersen Impactor ดังภาพที่ 3.2

ภาพที่ 3.2 เครื่อง Andersen Impactor ชนิด 8 ชั้น

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในห้องปฏิบัติการ

(1) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

(2) ขวดฝาเกลียว ขนาด 500 มิลลิลิตร

(3) ช้อนตักสาร

(4) แท่งแก้วคนสาร

(5) ตะเกียงแอลกอฮอล์

(6) ตู้อบเพาะเชื้อ (Incubator) (อุณหภูมิ 35+2 องศาเซลเซียส)

(7) เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) ใช้ในการฆ่าเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อก่อนนำมาใช้โดยใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และใช้ในการฆ่าเชื้ออาหารเลี้ยงเชื้อรวมทั้งวัสดุอุปกรณ์ที่มีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ โดยใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปกำจัดทิ้ง

(8) ตู้ปลอดเชื้อ

3. สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็ง

1) อาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar (NA) สำหรับเชื้อแบคทีเรีย

2) อาหารเลี้ยงเชื้อ Sabouraud Dextrose Agar (SDA) สำหรับเชื้อรา

3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว

1) Nutrient broth (NB) สำหรับเชื้อแบคทีเรีย

2) Sabouraud Dextrose broth (SDB) สำหรับเชื้อรา

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

(1) ทำการศึกษาเอกสารทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการตรวจวัดคุณภาพอากาศทางจุลินทรีย์

(2) ทำการศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการเก็บจุลินทรีย์ และวิธีการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

(3) ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ

(1) สำรวจข้อมูลเกี่ยวกับการเก็บตัวอย่างแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

(2) ทำการเก็บตัวอย่างแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศตามจุดที่กำหนดโดยใช้เครื่อง Andersen Impactor และใช้เครื่อง Impinger โดยจะเก็บแบคทีเรีย 10 นาทีและเชื้อรา10 นาที

(3) ทำการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์แล้วทำการศึกษาปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราที่พบในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยการศึกษาปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในอาคารโดยใช้เครื่อง Andersen Impactorและเครื่อง Impinger ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ซึ่งมีขั้นตอนในการวิจัย ดังนี้

(1) ศึกษาหัวข้อโครงงานวิจัย

(2) ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานวิจัย

(3) ทำการศึกษาจากข้อมูลระดับทุติยภูมิ

(4) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

(4.1) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ NA (Nutrient agar) สำหรับแบคทีเรีย โดยชั่ง NA 28 กรัม ผสมในน้ำกลั่น 1 ลิตร จากนั้นนำไป Auto clave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45นาที รออาหารเลี้ยงเชื้อเย็น แล้วทำการเทอาหารลงบน Plate จากนั้นนำไปเก็บไว้ในตู้เย็น

(4.2) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ NB (Nutrient broth) สำหรับแบคทีเรีย โดยชั่ง NB 13 กรัม ผสมในน้ำกลั่น 1 ลิตร จากนั้นนำไป Auto clave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที รออาหารเลี้ยงเชื้อเย็น แล้วทำการเทอาหารลงบน Plate จากนั้นนำไปเก็บไว้ในตู้เย็น

(4.3) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ SDA (Sabouraud dextrose agar) สำหรับเชื้อราโดยชั่ง SDA 65 กรัมผสมในนำกลั่น 1 ลิตรจากนั้นนำไป Auto clave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาทีรออาหารเลี้ยงเชื้อเย็นแล้วทำการเทอาหารลง Plate จากนั้นนำไปเก็บไว้ในตู้เย็น

(4.4) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ SDB (Sabouraud dextrose Broth) สำหรับเชื้อราโดยชั่ง SDA 30 กรัมผสมในนำกลั่น 1 ลิตรจากนั้นนำไป Auto clave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาทีรออาหารเลี้ยงเชื้อเย็นแล้วทำการเทอาหารลง Plate จากนั้นนำไปเก็บไว้ในตู้เย็น

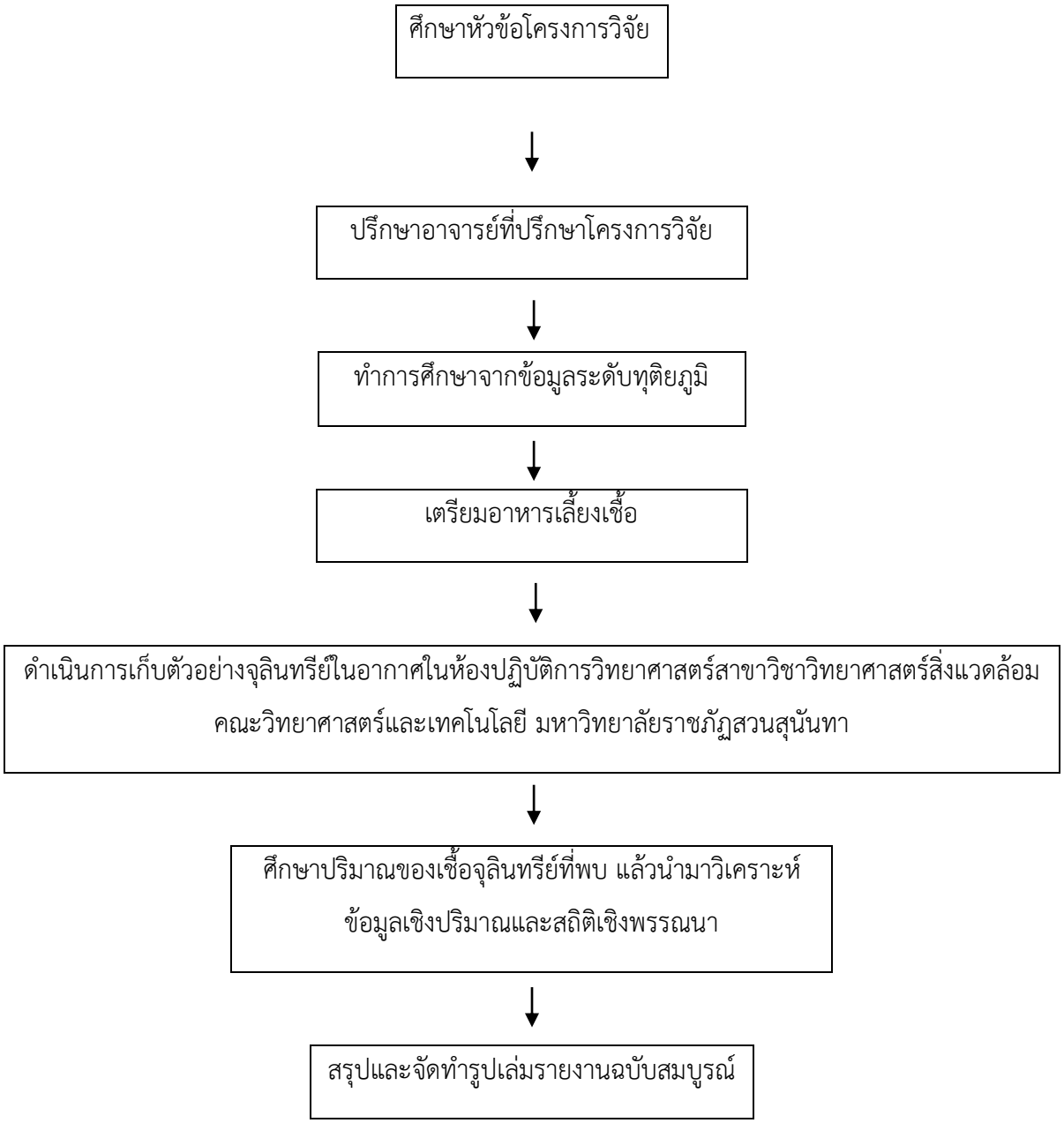
(5) ดำเนินการเก็บตัวอย่างแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

(5.1) เก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่อง Andersen Impactor โดยกำหนดจุดวางเครื่อง 1 จุด เก็บแบคทีเรีย 10 นาที และเก็บเชื้อรา 10 นาที เมื่อเก็บตัวอย่างได้แล้ว นำจานเพาะเชื้อแบคทีเรียไปอบที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียสนาน 24-48 ชั่วโมง และนำจานเพาะเชื้อราไปอบที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสนาน 5-7 วัน เมื่อทำการอบเรียบร้อยแล้วนำจานเพาะเชื้อมานับจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ขึ้นบน agar คำนวณและรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร

(5.2) เก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่อง Impinger โดยกำหนดจุดวางเครื่อง 1 จุด เก็บแบคทีเรีย 10 นาที และเก็บเชื้อรา 10 นาที เมื่อเก็บตัวอย่างได้แล้ว นำจานเพาะเชื้อแบคทีเรียไปอบที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียสนาน 24-48 ชั่วโมง และนำจานเพาะเชื้อราไปอบที่อุณหภูมิ 35องศาเซลเซียสนาน 5-7 วัน เมื่อทำการอบเรียบร้อยแล้วนำจานเพาะเชื้อมานับจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ขึ้นบน agar คำนวณและรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร

(6) ศึกษาปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราที่พบในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา แล้วนำมาวิเคราะห์เชิงปริมาณและสถิติเชิงพรรณนา

(7) สรุปและจัดทำรูปเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์



ภาพที่ 3.3 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในอาคารโดยใช้เครื่อง Andersen Impactorและเครื่อง Impinger ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา สามารถนำมาวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์หาจุลินทรีย์ในอากาศในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เพื่อให้ทราบปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โดยใช้สถิติเชิงพรรณนารายงานผลในรูปค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในอาคารโดยใช้เครื่อง Andersen Impactor และเครื่อง Impinger ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เพื่อศึกษาปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศโดยวิธีการโดยใช้เครื่อง Andersen Impactor (2) เพื่อศึกษาปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศโดยวิธีการโดยใช้เครื่อง Impinger ดังนี้

ปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ

1. ผลการตรวจวัดด้วยเครื่อง Andersen Impactor

จากการเก็บตัวอย่างของแบคทีเรีย และเชื้อราในอากาศภายในห้องห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา พบว่ามีปริมาณของแบคทีเรีย รายละเอียดแสดงดัง ตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราที่พบในอากาศจากการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง Andersen Impactor

วันที่ศึกษา	ปริมาณแบคทีเรียและเชื้อรา (โคโลนี/ลูกบาศก์เมตร (CFU/M^3))	
	แบคทีเรีย	เชื้อรา
5 สิงหาคม พ.ศ 2563	74	35
10 สิงหาคม พ.ศ 2563	88	57
17 สิงหาคม พ.ศ 2563	67	32
18 สิงหาคม พ.ศ 2563	21	35
24 สิงหาคม พ.ศ 2563	0	4

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

วันที่ศึกษา	ปริมาณแบคทีเรียและเชื้อรา (โคโลนี/ลูกบาศก์เมตร (CFU/M^3))	
	แบคทีเรีย	เชื้อรา
ต่ำสุด	0	4
สูงสุด	88	57
ค่าเฉลี่ย	50	33
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	38	19

จากตารางที่ 4.1 พบว่าปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราภายในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่เก็บโดยใช้เครื่อง Andersen Impactor มีปริมาณแบคทีเรียค่าต่ำสุด 0 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าสูงสุดของแบคทีเรีย 88 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ยของแบคทีเรีย โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบคทีเรีย 38 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และพบว่าปริมาณเชื้อราภายในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวล้อม มีค่าต่ำสุดของเชื้อรา 4 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าสูงสุดของเชื้อรา 57 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ยของเชื้อรา 33 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเชื้อรา 19 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร

2. ผลการตรวจวัดด้วยเครื่อง Impinger จากการเก็บตัวอย่างของแบคทีเรีย และเชื้อราในอากาศภายในห้องห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา พบว่ามีปริมาณของแบคทีเรีย รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราที่พบในอากาศจากการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง Impinger

วันที่ศึกษา	ปริมาณแบคทีเรียและเชื้อรา (โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร (CFU/M^3))	
	แบคทีเรีย	เชื้อรา
5 สิงหาคม พ.ศ 2563	6×10^6	25×10^4
10 สิงหาคม พ.ศ 2563	1×10^6	25×10^5
17 สิงหาคม พ.ศ 2563	0	0
18 สิงหาคม พ.ศ 2563	475×10^4	0
24 สิงหาคม พ.ศ 2563	0	5×10^5
ต่ำสุด	0	0
สูงสุด	6×10^6	25×10^5
ค่าเฉลี่ย	235×10^4	65×10^4
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	29×10^6	11×10^4

จากตารางที่ 4.2 พบว่าปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราภายในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่เก็บโดยใช้เครื่อง Impinger มีปริมาแบคทีเรียค่าต่ำสุดของแบคทีเรีย 0 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าสูงสุดแบคทีเรีย 6×10^6 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ยของแบคทีเรีย 235×10^4 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบคทีเรีย 29×10^6 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และพบว่าเชื้อรามีปริมาณ ค่าต่ำสุดของเชื้อรา 0 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าสูงสุดเชื้อรา 25×10^5 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ยของเชื้อรา 65×10^4 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเชื้อรา 11×10^4 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร

เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน สถาบันสิ่งแวดล้อมของสิงคโปร์แนะนำ ระดับของแบคทีเรียและเชื้อราไม่ควรเกิน 500 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดีของสถานที่ทำงาน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในอาคารโดยใช้เครื่อง Andersen Impactor และเครื่อง Impinger ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เป็นการศึกษาเชิงปริมาณ มีรายละเอียดการดำเนินการวิจัยโดยสรุปรวมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ จากการวิจัยดังต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

1.วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศโดยวิธีการโดยใช้เครื่อง Andersen Impactor

1.2 เพื่อศึกษาปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศโดยวิธีการโดยใช้เครื่อง Impinger

2.วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในอาคารโดยใช้เครื่อง Andersen Impactor และเครื่อง Impinger ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่อง Andersen Impactor และเครื่อง Impinger โดยเก็บแบคทีเรีย 10 นาที และเก็บเชื้อรา 10 นาที แล้วนำมาศึกษาปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่พบในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

3. ผลการวิจัย

3.1 การศึกษาปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โดยใช้เครื่อง Andersen Impactor พบว่าปริมาณแบคทีเรียมีค่าต่ำสุดของแบคทีเรีย 0 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตรค่าสูงสุดของแบคทีเรีย 88 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ยของแบคทีเรีย 50 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบคทีเรีย 38 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และพบว่าปริมาณเชื้อรา มีค่าต่ำสุดของเชื้อรา 4 โคโลนีต่อ

ลูกบาศก์เมตร ค่าสูงสุดของเชื้อรา 57 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ยของเชื้อรา 33 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเชื้อรา 19 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร

3.2 จากการศึกษาปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โดยใช้เครื่อง Impinger พบว่าปริมาณแบคทีเรียมีค่าต่ำสุดของแบคทีเรีย 0 ค่าสูงสุดแบคทีเรีย 6×10^{6} โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ยของแบคทีเรีย 235×10^{4} โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบคทีเรีย 29×10^{6} โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และพบว่าปริมาณเชื้อรา มีค่าต่ำสุดของเชื้อรา 0 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าสูงสุดเชื้อรา 25×10^{5} โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ยของเชื้อรา 65×10^{4} โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเชื้อรา 11×10^{4} โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในอาคารโดยใช้เครื่อง Andersen Impactorและเครื่อง Impinger ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ผู้วิจัยขอเสนอแนะ เพื่อให้งานวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้นดังต่อไปนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

1.1 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างวิจัยมีน้อย เนื่องจากสถานการณ์โควิด 19

1.2ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พบเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถก่อให้เกิดโรคได้ ควรดูแลเรื่องความสะอาดของห้องและอุปกรณ์

1.3สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมยังขาดแคลนอุปกรณ์และเครื่องมือทางด้านจุลชีววิทยา

1.4การเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่อง Andersen Impactor ควรใช้กระดาษกรองสำหรับตัวเครื่องหรือกระดาษกรองที่ใช้สำหรับเก็บจุลินทรีย์ในอากาศโดยตรง

2. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในครั้งต่อไป

2.1 ควรทำการเก็บตัวอย่างมากกว่า 1 ซ้ำ แล้วนำผลการวิจัยที่ได้มาเปรียบเทียบ เพื่อให้ผลการวิจัยมีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

2.2 ศึกษาศึกษาความแตกต่างวิธีการใช้ เครื่อง Andersen Impactor และ Impinger เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน

2.3 ควรทำการเก็บตัวอย่างก่อนและหลังทำความสะอาดห้องแล้วนำผลการวิจัยที่ได้มาเปรียบเทียบ เพื่อให้ผลการวิจัยมีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

2.4 ควรมีการจำแนกชนิดของแบคทีเรียและเชื้อราที่สามารถก่อให้เกิดโรคได้

บรรณานุกรม

กฤษณียา สังขจันทรานนท์. (2548). **ชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อโรคในโรงพยาบาลและการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ.** ขอนแก่น: วิทยานิพนธ์ ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อมบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กิจจา จิตรภิรมย์, ปธานิน แสงอรุณ และวรันธร คำพิลา. (2556). **การปนเปื้อนเชื้อราและการควบคุม เชื้อราในอากาศภายในสถานบริการสปา.** นครราชสีมา: คณะสาธารณสุขศาสาตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ วิทยาลัย นครราชสีมา.

กุสุมาลย์ ชมโคกกรวด. (2553). **ชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอาคารในห้องเรียนอนุบาล.** ขอนแก่น: ภาคจุลชีววิทยาคลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จักรพงษ์ นิมานะ, ศิริลักษณ์ เจริญรัตน์ และวราลี บุญญพิทักษ์สกุล. (2557). **การปนเปื้อนจุลินทรีย์ในอากาศของห้องปฏิบัติการ.** เชียงใหม่: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพายัพ.

จุณจันทน์ วัลัยลักษณคณา. (2538). **จุลชีววิทยาเบื้องต้น.** ขอนแก่น: ภาคจุลชีววิทยาคลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

โชติชนะ วิลัยลักษณคณา. (2538). **การตรวจทางแบคทีเรียวิทยาและราวิทยา.** ขอนแก่น: ภาคจุลชีววิทยาคลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชุลีวัลย์ ธัญญศิรินนท์, พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์ และภารดี ช่วยบำรุง. (2551). **การเปรียบเทียบเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศระหว่างAndersen Impactor ชนิด 6 ชั้นและชนิดชั้นเดียว (N^6).** วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น, ปีที่ 13, ฉบับที่ 1 (มกราคม.-กุมภาพันธ์ 2551).

ดวงพร คันธโชติ. (2545). **อนุกรมวิธานของแบคทีเรียและปฏิบัติการ.** กรุงเทพฯ: โอ.เอ.พริ้นติ้งเฮ้าท์.

เด่นนภา รุ่งศิริ และลาวัลย์ฟังขจร. (2554). **ความหลากหลายของจุลินทรีย์ในเครื่องปรับอากาศของมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.** กรุงเทพฯ: โปรแกรมวิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.

ปรีชา พุทธาวุฒิไกร. (2528). **จุลชีววิทยาทางการแพทย์** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: คณะเวชสาร มหาวิทยาลัยมหิดล.

พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์. (2532). **จุลชีววิทยาเบื้องต้น.** ขอนแก่น: ภาคจุลชีววิทยาคลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ภารดี ช่วยบำรุง. (2557). **เทคโนโลยีการกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศในโรงพยาบาล.** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แม้นสรวง วุฒิอุดมเลิศ. (2556). **บทความวิชาการเรื่องเชื้อที่มากับมลพิษในอาคาร.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

วิทยา มีวุฒิสม. (2528). **จุลชีววิทยาทางการแพทย์** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: คณะเวชสาร.

ศิริพร ศรีเทวิณ และกาญจนา นาถะพินธุ. (2555). **การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศในโรงพยาบาลขนาดที่แตกต่างกัน.** วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น, ปีที่ 12 เล่มที่ 3.

ศิริลักษณ์ วงษ์วิจิตสุข. (2553). **อันตรายและการควบคุมจุลินทรีย์ในอากาศภายในโรงงานอุตสาหกรรม.** วารสารมจก. วิชาการ 65, ปีที่ 13, (มกราคม.- มิถุนายน 2553), หน้า 69.

สุภาภรณ์ พัวเพิ่มพูนศิริ. (2527). **แบคทีเรียแกรมลบ.** ขอนแก่น: คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อรุณวดี ชนะวงศ์. (2538). **การตรวจทางแบคทีเรียวิทยาและราวิทยา.** ขอนแก่น: ภาคจุลชีววิทยาคลินิกคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Kim KY. and Kim C. N. (2007). **Recently issues on Indoor air quality in Korea.** Korea: Department of Occupational and Environment at Health, Yongin University.

Ross, C., Menezes, J.R, Svidzinki, T., Albino, U. and Andrade, G. (2004). **The Study on fugal and bacteria population of airconditioned environment.** Brazilian archives of biology and technology.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ประมวลภาพ

ภาพ ก-1 ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สำหรับเก็บตัวอย่างแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ

ภาพ ก-2 เตรียมเพลทสำหรับใส่อาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อนำไปเก็บตัวอย่าง

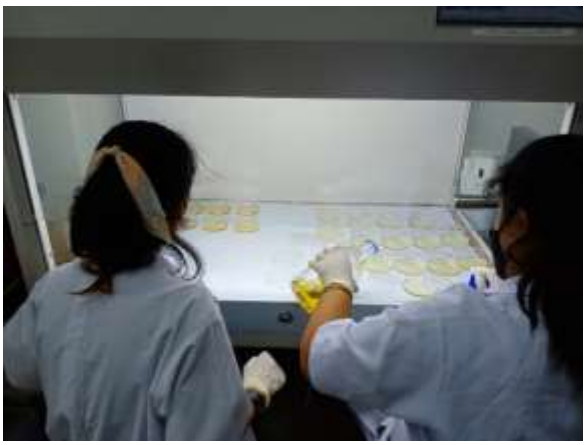
ภาพ ก-3 อาหารเลี้ยงเชื้อ SDB สำหรับเชื้อรา

ภาพ ก-4 อาหารเลี้ยงเชื้อ SDA สำหรับเชื้อรา

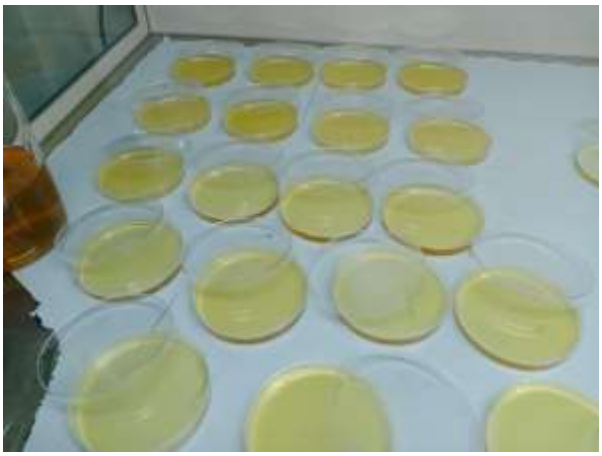
ภาพ ก-5 อาหารเลี้ยงเชื้อ NA สำหรับแบคทีเรีย

ภาพ ก-6 อาหารเลี้ยงเชื้อ NB สำหรับแบคทีเรีย

ภาพ ก-7 เครื่อง Autoclave



ภาพ ก-8 การเทอาหารเลี้ยงเชื้อใส่เพลท



ภาพ ก-9 อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับไว้เก็บตัวอย่าง

ภาพ ก-10 การเก็บตัวอย่างโดยวางเครื่อง Andersen Impactor และเครื่อง Impinger

ภาพ ก-11 ขั้นตอนการนำกระดาษกรองและอาหารเหลวออกแล้วใส่ที่อาหารเลี้ยงเชื้อ

ภาพ ก-12 ตู้บ่มแบคทีเรีย

ภาพ ก-13 ตู้บ่มเชื้อรา

ภาพ ก-14 แบคทีเรีย

ภาพ ก-15 เชื้อรา

ภาคผนวก ข

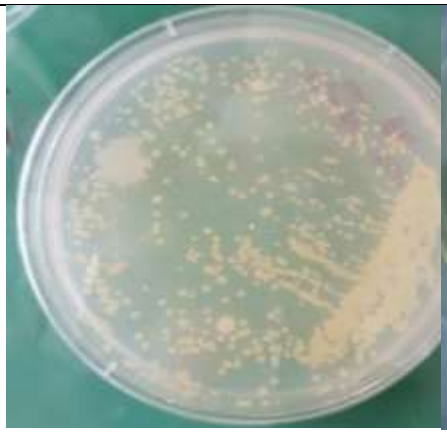
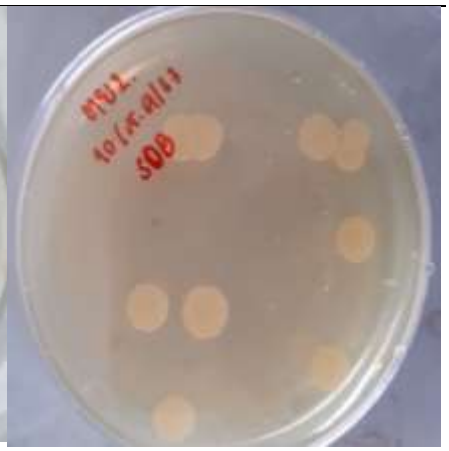
แบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ

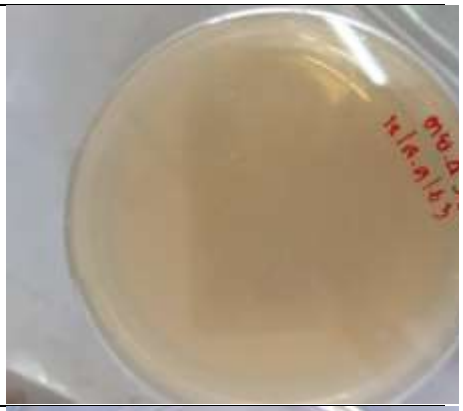
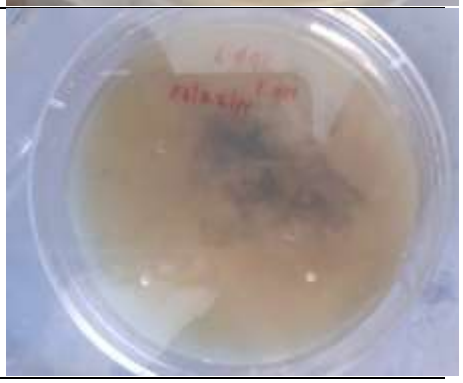
ภาพที่ ข-1 ลักษณะของแบคทีเรียและเชื้อราที่พบในอากาศของเครื่อง Andersen Impactorในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

วันที่ศึกษา	แบคทีเรีย	เชื้อรา
5 สิงหาคม พ.ศ 2563		
10 สิงหาคม พ.ศ 2563		
17 สิงหาคม พ.ศ 2563		

วันที่ศึกษา	แบคทีเรีย	เชื้อรา
18 สิงหาคม พ.ศ 2563		
24 สิงหาคม พ.ศ 2563		

ภาพที่ ข-2 ลักษณะของแบคทีเรียและเชื้อราที่พบในอากาศของเครื่อง Impinger ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

วันที่ศึกษา	แบคทีเรีย	เชื้อรา
5 สิงหาคม พ.ศ 2563		
10 สิงหาคม พ.ศ 2563		
17 สิงหาคม พ.ศ 2563		

วันที่ศึกษา	แบคทีเรีย	เชื้อรา
18 สิงหาคม พ.ศ 2563		
24 สิงหาคม พ.ศ 2563