เชียงใหม่สัตวแพทยสาร 2554; 9(1): 31-39

รายงานฉบับย่อ

เชื้อราในบรรยากาศภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา

วีนา จูเปีย[1], กัญญ์ฤทัย วงศ์ษาวรรณ[1], รักธรรม เมฆไตรรัตน์[1], มาลี เมฆาประทีป[2]

[1]ภาควิชาชีวศาสตร์ทางสัตวแพทย์และสัตวแพทย์สาธารณสุข
คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[2]ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ สำรวจเชื้อราในบรรยากาศโดยการเก็บอากาศภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา 9 ตำแหน่ง, นอกห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาซึ่งอยู่ภายในห้องปฏิบัติการกลาง 1 ตำแหน่ง และนอกห้องปฏิบัติการกลาง 1 ตำแหน่ง โดยใช้เครื่องดักจับเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศ พบความเข้มข้นเฉลี่ยของเชื้อราในบรรยากาศเป็น 1,027.7, 1,930 และ 2,960 cfu/m^3 ตามลำดับ ซึ่งเกินค่ามาตรฐานที่ American Conference of Govermental Industrial Hygienist (ACGIH) ได้กำหนดไว้ว่าเชื้อราในบรรยากาศไม่ควรมีค่าเกิน 500 cfu/m^3 การศึกษาในครั้งนี้พบเชื้อราอย่างน้อย 7 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Cladosporium* spp., *Curvularia* spp., *Alternaria* spp., Yeasts และ non sporulating fungi โดยพบเชื้อรากลุ่ม *Cladosporium* spp. (37%), *Aspergillus* spp. (30%) และ Yeast (21%) จำนวนมากกว่าเชื้อรากลุ่มอื่นๆ นอกจากนี้พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของเชื้อราภายหลังการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตร้าไวโอเลต ณ เวลาที่ 0, 8 และ 16 ชั่วโมง มีค่าเป็น 627.7, 938.5 และ 962.4 cfu/m^3 ตามลำดับ **เชียงใหม่สัตวแพทยสาร** 2554; 9(1): 31-39

คำสำคัญ : เชื้อราในบรรยากาศ ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา เครื่องดักจับเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศ

บทนำ

จุลินทรีย์ซึ่งอาจได้แก่เชื้อรา แบคทีเรีย ไวรัส ส่วนใหญ่พบได้ทั่วไปในธรรมชาติทั้งในดิน น้ำ และอากาศ[1-4] อากาศประกอบด้วยก๊าซชนิดต่างๆ ในปริมาณที่แตกต่างกัน นอกจากนี้อากาศยังประกอบไปด้วย ไอน้ำ และฝุ่นละออง ซึ่งในฝุ่นละอองนั้นยังประกอบไปด้วยจุลินทรีย์ ละอองเกสร และอื่นๆ โดยชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่พบในอากาศจะแตกต่างกันไป

ติดต่อขอสำเนาบทความได้ที่ : วีนา จูเปีย ภาควิชาชีวศาสตร์ทางสัตวแพทย์และสัตวแพทย์สาธารณสุข คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50100 E-mail address: jupia_vena@yahoo.com
ได้รับบทความวันที่ 1 ธันวาคม 2553

ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และการแพร่กระจายของฝุ่นละออง[5-7] อากาศในห้องที่มีฝุ่นละอองหรือห้องที่สกปรกนั้น มีจุลินทรีย์มากกว่าอากาศในห้องที่สะอาด จุลินทรีย์ในอากาศส่วนมากมาจากการเคลื่อนย้ายของจุลินทรีย์จากแหล่งหนึ่งไปยังอีกแหล่งหนึ่งโดยการพัดพาของลม เช่น สปอร์ของเชื้อราที่พบทั่วไปบนพื้นดินจะพบได้ในอากาศเหนือทะเลที่ห่างจากแผ่นดินใหญ่ได้ถึง 643.6 กิโลเมตร หรืออาจพบได้ในอากาศที่อยู่เหนือระดับพื้นดินได้ถึง 10,000 ฟุต[8]

อากาศบริเวณเหนือพื้นดินในเขตร้อนจะพบแบคทีเรียแกรมลบรูปท่อน แบคทีเรียแกรมบวกรูปท่อน แบคทีเรียที่รูปร่างไม่แน่นอนมากกว่าแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ และแบคทีเรียกลุ่ม micrococci เชื้อจุลินทรีย์ที่พบมากในอากาศได้แก่ เชื้อรา และแบคทีเรีย ซึ่งเชื้อราที่พบมากในอากาศจะอยู่ในรูปของสปอร์[8] ส่วนจุลินทรีย์อื่นๆ ที่พบน้อยในอากาศ ได้แก่ ยีสต์ โปรโตซัว สาหร่าย

ในอากาศมีสปอร์ของเชื้อราที่ไม่ก่อให้เกิดโรค (saprophytes) หรือเชื้อราปนเปื้อน (contaminant fungi) ปลิวกระจายอยู่ทั่วไปจำนวนมากมายนับไม่ถ้วน ซึ่งได้มีรายงานการสำรวจหาจุลชีพในบรรยากาศห้องผ่าตัดของโรงพยาบาล ห้องเรียน และห้องประชุมของสถานศึกษา พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อราในอากาศอย่างน้อย 8 ชนิด ในห้องผ่าตัดซึ่งเป็นห้องควบคุมพิเศษของโรงพยาบาล เชื้อราเหล่านั้นได้แก่ *Aspergillus* spp., *Cladosporium* spp., *Mucor* spp., *Rhizopus* spp., *Penicillium* spp., *Scopulariopsis* spp., non-sporulating fungi, yeast และแบคทีเรียอีก 6 ชนิด[9]

การเฝ้าระวังเพื่อควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อด้วยการตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศโดยเฉพาะในพื้นที่ที่จำเป็นต้องควบคุมเป็นพิเศษนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เช่น ห้องตรวจโรค หอพักผู้ป่วยในโรงพยาบาล ห้องผ่าตัด ห้องทารกแรกคลอด เป็นต้น ห้องต่างๆ เหล่านี้ไม่ควรมีการปนเปื้อนของเชื้อในบรรยายกาศเลย นอกจากนี้แล้วห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาก็เป็นอีกห้องหนึ่งที่ต้องควบคุมไม่ให้มีการปนเปื้อนของเชื้อในบรรยากาศด้วยเช่นกัน

การวินิจฉัยแยกเชื้อราไม่ควรมองข้ามเชื้อราปนเปื้อนเหล่านี้ เนื่องจากในบางโอกาสเชื้อรากลุ่มนี้อาจกลับกลายเป็นเชื้อราฉวยโอกาส (opportunistic fungi) และก่อโรคได้[1] ซึ่งอาจก่อโรคได้โดยตรงทางบาดแผล รอยถลอก การถูกของมีคม หรือหนามที่มีเชื้อทิ่มแทง การสำลักน้ำสกปรกที่มีเชื้อ หรือการหายใจเอาสปอร์ของเชื้อเข้าไปได้[1]

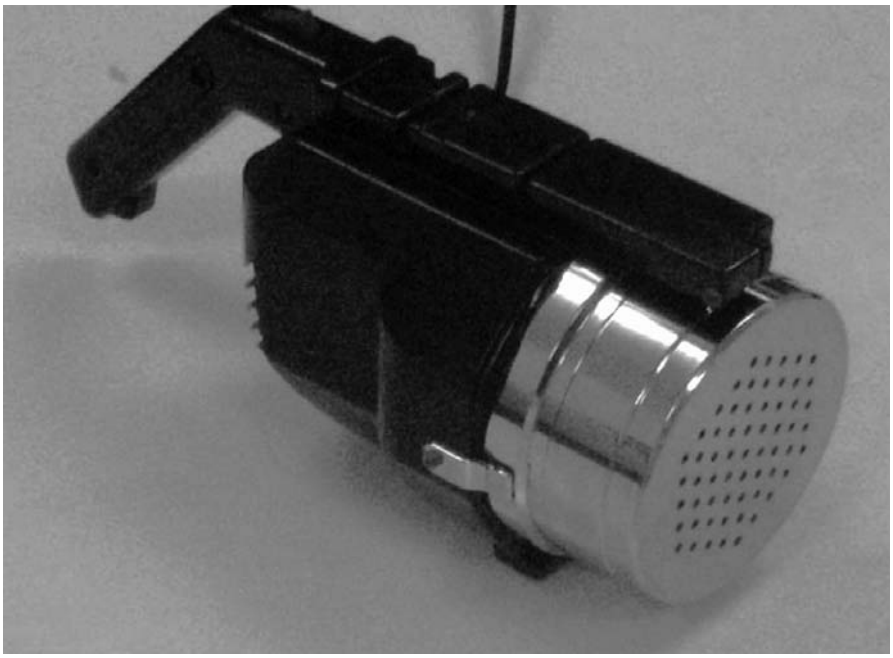
อย่างที่กล่าวข้างต้น คณะผู้วิจัยเห็นว่าในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาก็เช่นเดียวกันหากมีการปนเปื้อนของเชื้อราเหล่านี้ (ราปนเปื้อน) ในอากาศและสิ่งแวดล้อมของห้องปฏิบัติการอาจเป็นเหตุโน้มนำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อเหล่านี้ในตัวอย่างส่งตรวจได้ เมื่อนำตัวอย่างที่ปนเปื้อนไปเพาะเลี้ยงเชื้อราที่ปนเปื้อนอาจเจริญเติบโตคลุมทับเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคจนเป็นปัญหาการตรวจไม่พบเชื้อก่อโรค ดังนั้นขณะที่ทำการเพาะเลี้ยงจะต้องกระทำ

ด้วยความระมัดระวังมิให้เกิดการปนเปื้อนขึ้น รวมถึงทุกขั้นตอนของการเก็บตัวอย่าง และขณะทำการเพาะเลี้ยงเชื้อด้วยเช่นกัน และจากการที่สปอร์ของเชื้อรามีน้ำหนักเบา ปลิวฟุ้งกระจายไปได้ง่ายในบรรยากาศ โดยเฉพาะการทำงานในห้องปฏิบัติการจึงต้องมีความระมัดระวังเป็นพิเศษ โดยมิให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อราขณะทำการเพาะเลี้ยงเชื้อ และขณะทำการเก็บตัวอย่าง นอกจากนี้ยังอาจก่อให้เกิดอันตรายขึ้นแก่ผู้ปฏิบัติการที่ทำงานอยู่ในห้องปฏิบัติการได้

คณะผู้วิจัยเล็งเห็นว่าการสำรวจชนิดของเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะเชื้อราที่อาจปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อม และในบรรยากาศของห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยาของคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่นั้น มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการแปลผลการเพาะเลี้ยงเชื้อ และมีความสำคัญต่อสุขศาสตร์สิ่งแวดล้อมของผู้ที่ต้องปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้จะทำให้ทราบข้อมูลความชุกของชนิดของเชื้อราที่ปนเปื้อนอยู่ในบรรยากาศของห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อที่จะได้นำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการวางแผนปรับปรุงการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาของคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และประยุกต์ใช้กับห้องปฏิบัติการอื่นๆ ต่อไปในอนาคต

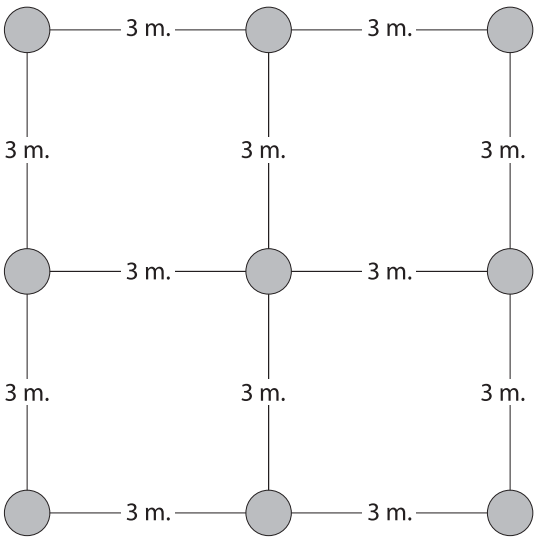
อุปกรณ์ และวิธีการศึกษา

เก็บตัวอย่างอากาศในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา (อยู่ในห้องปฏิบัติการกลาง) อากาศภายนอกห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ในห้อง

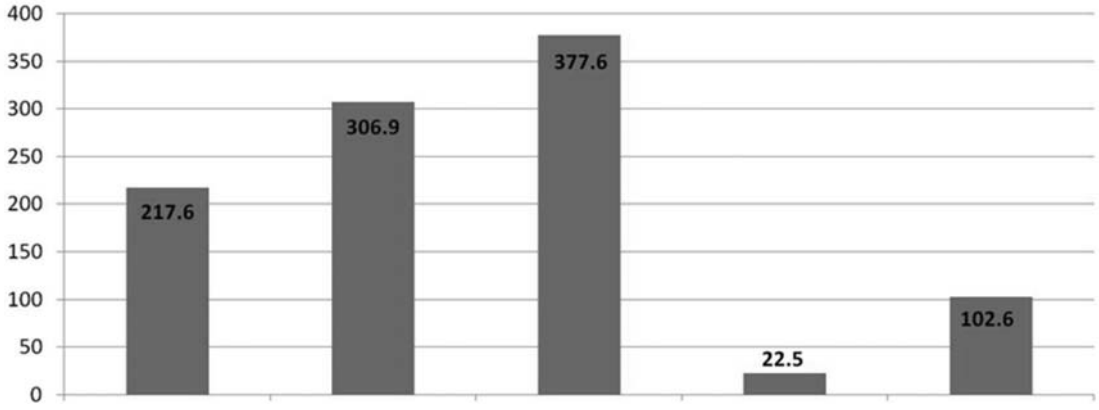


รูปที่ 1 เครื่องดักจับเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศ

ปฏิบัติการกลาง และอากาศภายนอกห้องปฏิบัติการกลาง โดยใช้เครื่องดักจับเชื้อจุลินทรีย์แรงดูดอากาศความเร็ว (speed) ระดับ 1 เท่ากับ 50 ลิตรต่อนาที[10] เพื่อสำรวจปริมาณ และชนิดของเชื้อราที่ปนเปื้อนในบรรยากาศในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ในการเก็บเชื้อแต่ละครั้งได้ทำความสะอาดฝาครอบเครื่อง และแท่นวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อด้วย 70% แอลกอฮอล์ โดยเช็ดทำความสะอาดทุกครั้งที่มีการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อใหม่ นำจานอาหารเลี้ยงเชื้อ Sabouraud Dextrose Agar (SDA) ไปวางบนแท่นสำหรับวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งอยู่หน้าเครื่อง และปิดฝาเกลียวครอบเครื่อง (ดังรูปที่ 1) นำเครื่องไปวางตามตำแหน่งต่างๆ ในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยารวม 9 ตำแหน่ง โดยแต่ละตำแหน่งห่างกันประมาณ 3 เมตร (ดังรูปที่ 2) นอกห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ซึ่งอยู่ในห้องปฏิบัติการกลาง 1 ตำแหน่ง และนอกห้องปฏิบัติการกลาง 1 ตำแหน่ง เปิดเครื่องโดยใช้ความเร็ว (speed) ระดับ 1 ให้อากาศผ่านเข้าเครื่อง 30 วินาที นำจานอาหารไปบ่มเพาะเลี้ยงเชื้อที่ 25°C เป็นเวลา 3 วัน (อ่านผลทุกวัน) อ่านผลโดยการนับจำนวนโคโลนีของเชื้อราที่ขึ้นในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (คิดเป็นปริมาณเชื้อราในอากาศปริมาตร 25 ลิตร) จำแนกชนิดของเชื้อโดยดูลักษณะภายนอกของเชื้อ(macroscopic examination) ได้แก่ สีด้านหน้าและด้านใต้โคโลนี ลักษณะผิวเนื้อ และการสร้างรงควัตถุ ดูลักษณะของเชื้อภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (microscopic examination) จากการทำ teased mount ซึ่งจะเห็นลักษณะและสีของสายรา ลักษณะของหน่วยสืบพันธุ์



รูปที่ 2 ตำแหน่งต่างๆ ในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาที่เก็บตัวอย่างเชื้อราในบรรยากาศ



รูปที่ 3 แสดงชนิดและความเข้มข้นเฉลี่ยของเชื้อราที่ปนเปื้อนในบรรยากาศภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ปฏิบัติการกลาง คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ที่เชื้อสร้าง และบันทึกผล (ทำ duplicate ทุกการทดลอง)

ทำการเก็บตัวอย่างอากาศของเชื้อในห้องปฏิบัติการก่อนและหลังการฆ่าเชื้อด้วยรังสี UV (ultraviolet) ทันที ชั่วโมงที่ 8 และ 16 โดยวิธีการและตำแหน่งเก็บตัวอย่างเหมือนกับที่กล่าวไปในข้างต้น

ผลการศึกษา และวิจารณ์

ผลการสำรวจเชื้อราในบรรยากาศภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ตรวจพบเชื้อราในบรรยากาศมีความเข้มข้นเฉลี่ยคือ 1,027.2 cfu/m^3 และพบเชื้อราอย่างน้อย 7 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Cladosporium* spp., *Curvularia* spp., *Alternaria* spp., Yeasts และ non sporulating fungi โดยพบเชื้อรากลุ่ม *Cladosporium* spp., *Aspergillus* spp. และ Yeast จำนวนมากกว่าเชื้อรากลุ่มอื่นๆ โดยความเข้มข้นเฉลี่ยของเชื้อราดังกล่าวในบรรยากาศได้แก่ 377.6, 306.9 และ 217.6 cfu/m^3 ตามลำดับ (ดังรูปที่ 3)

เชื้อราในบรรยากาศภายนอกห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาซึ่งอยู่ภายในห้องปฏิบัติการกลางมีความเข้มข้นเฉลี่ย 1,930 cfu/m^3 และบรรยากาศด้านนอกห้องปฏิบัติการกลางมีเชื้อราปนเปื้อนมีความเข้มข้นเฉลี่ย 2,960 cfu/m^3 (ตารางที่ 1)

นอกจากนี้ยังได้ตรวจสอบเชื้อราปนเปื้อนในบรรยากาศภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาภายหลังการฆ่าเชื้อด้วยรังสี UV พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของเชื้อราลดลงจาก 1,027 เป็น 627.7 cfu/m^3 และภายหลังการฆ่าเชื้อชั่วโมงที่ 8 และ 16 เชื้อมีความเข้มข้นเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 938.6 และ 962.4 cfu/m^3 ตามลำดับ (ดังตารางที่ 1)

ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการหนึ่งในห้องปฏิบัติการกลาง คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งใช้ใน

การวินิจฉัยแยกเชื้อสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคโดยการเพาะเชื้อจากสิ่งส่งตรวจลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ ดังนั้นการที่มีเชื้อราปนเปื้อนในอากาศอาจเป็นสาเหตุทำให้การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ผิดพลาดได้เมื่อวินิจฉัยว่าเชื้อราปนเปื้อนนั้นเป็นเชื้อสาเหตุของโรค ดังนั้นห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยาจึงควรเป็นห้องที่มีการควบคุมการปนเปื้อนของเชื้อราในบรรยากาศ โดย American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) ได้กำหนดว่าเชื้อราในบรรยากาศไม่ควรมีค่าเกิน 500 cfu/m^3[11]

จากการศึกษาวิจัยพบว่าปริมาณเชื้อในบรรยากาศนอกห้องปฏิบัติการกลางมีปริมาณเชื้อมากถึง 2,960 cfu/m^3 (มากกว่าที่ ACGIH กำหนด) อาจเป็นเพราะอุณหภูมิและความชื้นของอากาศขณะนั้นเหมาะสมต่อการเจริญและเพิ่มจำนวนของเชื้อรา (อุณหภูมิ 30°C, ความชื้น 49%) ซึ่งอุณหภูมิและฤดูกาลมีผลต่อความเข้มข้นของเชื้อราในบรรยากาศ โดยในฤดูร้อนจะมีความเข้มข้นของเชื้อราในบรรยากาศมากกว่าในฤดูหนาว[12-14]

ในอดีตที่ผ่านมาจนกระทั่งปัจจุบันทางห้องปฏิบัติการได้ทำการฆ่าเชื้อในห้องด้วยรังสี UV เป็นประจำทุกวันเป็นเวลา 20 นาที โดยกลไกการทำลายเชื้อของรังสี UV คือการที่เชื้อดูดซับพลังงานจากรังสี UV และทำให้เบสไทมีน (Thymine base) ที่อยู่ตำแหน่งติดกันบนสายพันธุกรรมของเชื้อเส้นเดียวกันมีการสร้างพันธะกัน (Thymine dimer) และไม่สามารถจับกับเบสอะดีนีน (Adenine base) ที่อยู่บนสายพันธุกรรมอีกเส้นหนึ่งได้ และมีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีนที่จำเป็นต่อการอยู่รอดของเซลล์[15] จากผลการศึกษาจะเห็นว่าระบบการทำลายเชื้อดังกล่าวไม่สามารถฆ่าเชื้อราได้ แต่สามารถลดปริมาณเชื้อราในบรรยากาศได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น และเมื่อเวลาผ่านไปปริมาณเชื้อราในบรรยากาศก็ยังเพิ่มขึ้นได้ มีการศึกษาผลของรังสี UV ต่อเชื้อราชนิด *Aspergillus flavus* พบว่ารังสี UV ไม่สามารถฆ่าเชื้อราได้ แต่สามารถชะลอการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อราได้เท่านั้น[16] และพบว่ารังสี UV ไม่ได้ทำลายเชื้อราแต่สามารถทำให้เกิดการกลายพันธุ์ในเชื้อราชนิด *Monascus purpureus*[17]

จากผลการศึกษาวิจัยพบว่าในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีเชื้อราปนเปื้อนในบรรยากาศถึง 1,027.2 cfu/m^3 และพบว่าการฉายรังสี UV เพียง 20 นาทีสามารถลดปริมาณเชื้อราได้ระดับหนึ่งเท่านั้น และหลังจากนั้นเชื้อราก็ยังสามารถเพิ่มจำนวนได้เหมือนเดิม ดังนั้นทางห้องปฏิบัติการควรหามาตรการ หรือแนวทางในการควบคุมปริมาณของเชื้อราในบรรยากาศ เช่นระบบการทำลายเชื้ออาจใช้ระบบรังสี UV เหมือนเดิม แต่เพิ่มเวลามากขึ้น การใช้สารเคมีในการทำลายเชื้อ (Sterilizing agent) เช่น Ethylene oxide, vaporized hydrogen peroxide, quaternary ammonium salts เป็นต้น

ในโรงพยาบาลสัตว์ที่มีห้องปฏิบัติการด้านต่างๆ เช่น ปฏิบัติการโลหิตวิทยา และพยาธิวิทยา ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ห้องปฏิบัติการชันสูตรซาก ห้องรักษาสัตว์ ห้องผ่าตัด ควรมีการ

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณของเชื้อราที่ตรวจพบในบรรยากาศ ณ จุดต่างๆ ของปฏิบัติการกลาง ก่อนและภายหลังการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตร้าไวโอเลต (UV)

ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง	เวลาที่เก็บตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยปริมาณของเชื้อรา (cfu/m^3)
ภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา (n=9)	ก่อน UV	1027.2
	หลัง UV ทันที	627.7
	หลัง UV ชั่วโมงที่ 8	938.6
	หลัง UV ชั่วโมงที่ 16	962.4
นอกห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา (n=1)		1,930
นอกห้องปฏิบัติการกลาง (n=1)		2,960

ตรวจสอบเชื้อเป็นระยะ และควรมีการทำความสะอาด และฆ่าเชื้ออย่างถูกวิธี เพื่อให้ได้ห้องที่มีคุณภาพปลอดจากเชื้ออย่างแท้จริง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินทุนบริจาคเพื่อการวิจัยโดยภาคเอกชน ผู้ช่วยศาสตราจารย์บงกชวรรณ สุตะพาหะ อาจารย์คณะเทคนิคการแพทย์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและอนุญาตให้ยืมเครื่องดักจับเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศ และคุณสุดใจ ปาวิชัย เจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สอนการใช้เครื่องดักจับเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศ และคอยอำนวยความสะดวกในการยืมเครื่องดังกล่าว

เอกสารอ้างอิง

1. นงนุช วณิตย์ธนาคม, ปราโมทย์ วณิตย์ธนาคม. วิทยาเชื้อราการแพทย์. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2542.
2. บงกชวรรณ สุตะพาหะ. การตรวจพิสูจน์เชื้อราก่อโรคทางห้องปฏิบัติการ (Labora-tory identification of pathogenic fungi) เชียงใหม่: โครงการ ตำรา คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2550.
3. Fisher F, Cook NB. Fundamentals of diagnostic mycology. Philadelphia: W. B. Saunders; 1998.
4. Ajello La. Laboratory manual for medical mycology. Atlanta: The Center; 1966.
5. Arora DK, Bridge PD, Bhatnagar D. Fungal biotechnology in agricultural, food and environmental applications. New York: Marcel Dekker; 2004.
6. Deacon JW. Introduction to modern mycology. New York: Blackwell Scientific; 1980.

7. Singh DP, Dwivedi SK. Environmental microbiology and biotechnology. New Delhi: New Age International (P) Limited; 2004.
8. ศิริพรรณ สารินทร์. จุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม (Environmental mirobiology) พิษณุโลก: คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร; 2550.
9. พัลลพ ตันแก้ว, ผาณิตา โกมลมาลย์, จงกล ใจมูลวงศ์, เพราพิลาศ อินตะยศ, บงกชวรรณ สุตะพาหะ. การสำรวจหาจุลชีพในบรรยากาศห้องผ่าตัดของโรงพยาบาล ห้องเรียน และห้องประชุมของสถานศึกษา เปรียบเทียบระหว่างการใช้เครื่องดักจับเชื้อกับวิธีวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ.วารสารเทคนิคการแพทย์ เชียงใหม่ 2552; 42(1): 25-36.
10. พนัสกุณฑ์ ลิขิตานุภาพ, บงกชวรรณ สุตะพาหะ. การดัดแปลงเครื่องมือเพื่อดักจับเชื้อจุลชีพในบรรยากาศ. วารสารเทคนิคการแพทย์ เชียงใหม่ 2551; 41(3): 225-38
11. จิตรพรรณ ภูษาภักดีภพ ชพ. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารและกลุ่มอาการเจ็บป่วยของพนักงานในสำนักงานของโรงพยาบาล กรณีศึกษาจังหวัดชลบุรี. วารสารสาธารณสุขศาสตร์. 2547; 34(3): 180-9.
12. Liao CM, Luo WC, Chen SC, Chen JW, Liang HM. Temporal/seasonal variations of size-dependent airborne fungi indoor/outdoor relationships for a wind-induced naturally ventilated airspace. Atmospheric Environment. 2004; 38(26): 4415-9.
13. Kuder EM. Seasonal variations in the occurrence of culturable airborne fungi in outdoor and indoor air in Cracow. International Biodeterioration and Biodegradation. 2003; 52: 203-5.
14. Kuder EM. The characteristics of fungal aerosol at times when the wind speed is v1. Acta Agraria et Silvestria/Agraria. 2004; 42: 311-6.
15. Friedberg EC. DNA repair and mutagenesis. Washington D.C.: ASM Press; 1995.
16. ทักษอร บุญชู. ผลของรังสี UV-C รังสีแกมมา และวิธีการบรรจุ ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา Aspergillus flavus และการปนเปื้อนของแอฟลาทอกซิน B1ในข้าวกล้องพันธุ์ดอกมะลิ 05. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2547.
17. วรวุฒิ จุฬาลักษณานุกูล. การชักนำให้เกิดมิวเตชันในรา monascus purpureus ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต. Chulalongkorn University Itellectual Repository. 2541.