การเปรียบเทียบเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศระหว่าง Andersen Impactor ชนิด 6 ชั้นและชนิดชั้นเดียว (N_6)

Comparison of a Six-stage and a Single Stage Viable Andersen Impactor (N_6) for Airborne Microbe Sampling

*ชุลีวัลย์ ธัญญศิรินนท์ (Chuleewan Thunyasirinon)[1]**
พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์ (Pipat Sribenjalux)[2]
ภารดี ช่วยบำรุง (Paradee Chuaybamroong)[3]

บทคัดย่อ

การเก็บตัวอย่างเชื้อราในบรรยากาศทั้งภายในอาคารและภายนอกอาคารเพื่อเปรียบเทียบถึงจำนวนความเข้มข้นที่ได้จากการใช้เครื่องมือสองชนิด คือ Andersen Impactor ชนิดมาตรฐาน 6 ชั้น และชนิดชั้นเดียวแบบ N_6 นั้น พบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจากการใช้ paired t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha < 0.01$ โดยที่ค่าสหสัมพันธ์ของวิธีทั้งสองมีค่าต่ำมาก อยู่ในช่วงของ 0.01-0.68 โดยความเข้มข้นของเชื้อราที่ได้จากชนิด N_6 มีค่ามากกว่าที่ได้จากชนิดมาตรฐาน 6 ชั้น และพบจำนวนเชื้อราทั้งหมดในบรรยากาศภายในอาคาร (165-167 cfu/ลูกบาศก์เมตร) มากกว่าบรรยากาศภายนอกอาคาร (129-134 cfu/ลูกบาศก์เมตร) ซึ่งชนิดของเชื้อราที่พบมากที่สุด 3 อันดับแรกทั้งในและนอกอาคาร คือ Aspergillus, Penicillium และ Curvularia ตามลำดับ

Abstract

The airborne fungal concentrations obtained from a standard six-stage viable cascade impactor and the single last stage (N_6) from the same type of impactor were compared in two different environments, indoor and outdoor. The results showed that the concentrations were not significantly different using a paired t-test at $\alpha < 0.01$ although the correlations between the two methods were very poor, in the range of 0.01-0.68. The concentration range from the N_6 method, however, was narrower than that from the standard method in every run. In terms of concentration, it was found that the fungi in the indoor environment (165-167 cfu/m^3) were higher than in the outdoor environment (129-134 cfu/m^3) and the most available genus found were Aspergillus, Penicillium, and Curvularia in order of occurrence.

คำสำคัญ: จุลินทรีย์ในอากาศ เชื้อราในอากาศ การเก็บตัวอย่างอากาศ
Keywords: Airborne microbes, airborne fungi, air sampling

[1]*นักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
[2]*รองศาสตราจารย์ ภาควิชาจุลชีววิทยาคลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
[3]*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*
**corresponding author, e-mail: airairr@hotmail.com*

บทนำ

จุลินทรีย์ในอากาศนั้นสามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อทั้งจากเชื้อที่สามารถติดต่อจากคนสู่คนทางระบบทางเดินหายใจ (communicable respiratory pathogens) และเชื้อฉวยโอกาสที่ปกติจะไม่ติดต่อเว้นแต่บุคคลจะอยู่ในสภาพที่อ่อนแอ (primary nosocomial) ซึ่งในกลุ่มของเชื้อที่สามารถติดต่อจากคนสู่คนได้นั้น พบว่า การเกิดโรคหวัด มาจากการได้รับเชื้อ Rhinovirus จำนวนตั้งแต่ 200 อนุภาคขึ้นไป โดยที่ผู้ป่วยโรคหวัดนั้นแพร่เชื้อได้ 6200 อนุภาค/ชั่วโมง และเชื้อโรคมีชีวิตอยู่ในอากาศได้นานเกิน 10 นาที ส่วนผู้ป่วยวัณโรคสามารถแพร่กระจายเชื้อได้ 1-249 อนุภาคในหนึ่งชั่วโมง โดยเชื้อวัณโรคจำนวน 1-10 อนุภาคสามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อได้ ซึ่งในการไอและจามของผู้ป่วยหนึ่งครั้งสามารถปล่อยอนุภาคออกมาได้มากกว่า 1,000 และ 100,000 อนุภาค ตามลำดับ (Kowalski and Bahnfleth, 1998) ส่วนในกลุ่มของเชื้อฉวยโอกาสพบว่าเชื้อราแอสเปอร์จิลัส (Aspergillus) เป็นตัวการในอัตราการตายของผู้ป่วยปลูกถ่ายไขกระดูกสูงถึงร้อยละ 95 ทำให้ผู้ป่วยโรคลูคิเมีย (leukemia) มีอัตราการตาย 13-80 เปอร์เซ็นต์ และผู้ป่วยเปลี่ยนถ่ายไตมีอัตราการตาย 8-30 เปอร์เซ็นต์ (MS Hospital Consulting, 2004) ซึ่งเชื้อ *Aspergillus flavus* ในอากาศจำนวนเพียง 1.1-1.2 cfu/ลูกบาศก์เมตร (Colony Forming Units per cubic meter of air) จะสัมพันธ์กับอัตราการติดเชื้อในโรงพยาบาล ร้อยละ 4 ส่วน *Aspergillus fumigatus* 0.9 cfu/ลูกบาศก์เมตร สัมพันธ์กับอัตราการติดเชื้อในโรงพยาบาลร้อยละ 5 (Streifel, 2004)

การเฝ้าระวังคุณภาพอากาศด้วยการตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาการติดเชื้อดังกล่าว กระทำได้ด้วยการเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้เครื่องมือชนิด Active sampler ที่ใช้การดูดอากาศที่รู้ปริมาตรแน่นอนเข้ามาในเครื่องมือ ก่อนจะนำตัวอย่างที่มีจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่ไปทำการเพาะเชื้อต่อไป ทั้งนี้ Andersen Impactor ชนิด 6 ชั้นนั้นเป็นเสมือนเครื่องมือมาตรฐานในกลุ่มของ Active sampler ที่ใช้เก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศมานานกว่า 40 ปี (Jones et al., 1985; Curtis et al., 1978; Niemeier et al., 2006) แต่ในปัจจุบันได้มีการประดิษฐ์ Impactor ชนิดชั้นเดียว (Single stage) ขึ้นมา โดยได้รับการสนับสนุนการใช้จาก NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) ประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากมีผลงานวิจัยของ Jones et al. (1985) และกลุ่มอื่น ๆ ที่ยืนยันว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างการใช้เครื่องมือชนิด 6 ชั้นและชนิดชั้นเดียว (r^2 = -0.99 และ 95% ช่วงเชื่อมั่นอยู่ในช่วง 0.84-1.14) โดยชนิดชั้นเดียวหรือที่เรียกว่า N_6 นั้นมาจากการใช้ชั้นสุดท้ายของ Andersen Impactor ชนิด 6 ชั้นนั่นเอง (Jones et al., 1985) ซึ่งการใช้ Impactor ชนิดชั้นเดียวนั้นเป็นที่นิยมอย่างรวดเร็วเนื่องจากช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการตรวจวินิจฉัยเป็นอันมาก อย่างไรก็ตาม Jones et al. (1985) ได้ทำการเปรียบเทียบจำนวนรวมทั้งหมดของเชื้อราโดยไม่ได้จำแนกตามชนิดพบเชื้อราในอากาศจากสถานที่ต่าง ๆกันซึ่งพบว่าจำนวนเชื้อราอยู่ในช่วง 10-3,000 cfu/ลูกบาศก์เมตร โดยช่วงของค่าที่ได้มีความกว้างมาก อาจเนื่องมาจากสถานที่เก็บตัวอย่างต่างกันทำให้พบปริมาณเชื้อต่างกันมาก และในบริเวณที่มีปริมาณเชื้อราสูงมากนั้นการเก็บตัวอย่างด้วยวิธี N_6 จะได้ปริมาณเชื้อราสูงกว่าวิธีมาตรฐานค่อนข้างมาก ซึ่งทำให้วิธีนี้อาจไม่เหมาะสมกับการศึกษาในบริเวณที่มีปริมาณเชื้อราสูง การศึกษานี้จึงประสงค์ที่จะศึกษาให้ละเอียดไปกว่าเดิมในสภาพบรรยากาศร้อนชื้นของประเทศไทย โดยได้จำแนกเป็นชนิดและปริมาณของเชื้อราที่พบทั้งในบรรยากาศภายในและภายนอกอาคารจากการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องมือทั้งสองชนิด ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อการเลือกใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศของประเทศไทยต่อไป

วิธีการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจชนิดและปริมาณเชื้อราในอากาศทั้งภายในและภายนอกอาคารจากการใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศสองชนิด คือ Andersen Impactor ชนิดมาตรฐาน 6 ชั้นและชนิดชั้นเดียวแบบ N_6

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องมือเก็บตัวอย่างเชื้อราในบรรยากาศในที่นี้ใช้ Andersen Impactor ชนิดมาตรฐาน 6 ชั้น (Thermo Andersen, model 1060056) กับชนิดชั้นเดียวแบบ N_6 ซึ่งเป็นการนำเพียงชั้นสุดท้ายของเครื่องมือ Andersen Impactor ชนิดมาตรฐานมาใช้ (รูปที่ 1) โดยการศึกษาชนิดและปริมาณเชื้อราในบรรยากาศภายในอาคารทำโดยเก็บตัวอย่างอากาศภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (อุณหภูมิเฉลี่ย 26.5 องศาเซลเซียส ความชื้น 41.6%) จำนวนทั้งหมด 10 ครั้ง ส่วนภายนอกอาคารนั้นเก็บในที่โล่งนอกอาคารคณะเทคนิคการแพทย์ (อุณหภูมิเฉลี่ย 32.5 องศาเซลเซียส ความชื้น 31.6%) จำนวน 10 ครั้ง เช่นเดียวกันด้วยอัตราการดูดอากาศ 28.3 ลิตรต่อนาที นาน10 นาที ในช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ 2549 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ คือ Potato Dextrose Agar (PDA) (BBL Becton Dickinson, U.S.A.) ในระหว่างการเปลี่ยนจานอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละครั้ง มีการใช้แอลกอฮอล์ 70% เช็ดอุปกรณ์เครื่องมือเพื่อป้องกันการปนเปื้อนทุกครั้ง เมื่อเสร็จสิ้นการเก็บตัวอย่าง จานอาหารเลี้ยงเชื้อทั้งหมดถูกนำไปอบเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง ก่อนนำมานับจำนวนโคโลนีและแยกพิสูจน์เชื้อตามวิธีของ American Society for Microbiology และ Bailey & Scott's Diagnostic Microbiology ผลที่ได้รายงานในรูปของ cfu/ลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้ การอ่านผลที่ 48 ชั่วโมงนั้น เนื่องจากหลังจาก 48 ชั่วโมงไปแล้วเชื้อราในบรรยากาศที่พบนั้นเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ปกคลุมไปทั่วอาหารเลี้ยงเชื้อ จนไม่สามารถอ่านผลได้ การศึกษาเชื้อราในส่วนของ Andersen Impactor ชนิดมาตรฐาน 6 ชั้นนั้นจะนำมานับจำนวนเชื้อราในแต่ละเพลท (plate) และนำผลรวมของเชื้อราทั้งหมดมาใช้ในการเปรียบเทียบ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ใช้สถิติพรรณนาวิเคราะห์ข้อมูล แสดงผลเป็นการจัดกลุ่ม ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และใช้สถิติเชิงวิเคราะห์ pair t-test ในการเปรียบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างเชื้อราระหว่างวิธีมาตรฐานกับวิธี N_6 และใช้ t-test ในการเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของเชื้อราที่พบจากบรรยากาศภายในและภายนอกอาคาร

สรุปผลการวิจัย

จำนวนเชื้อราทั้งหมดและเชื้อราที่แยกตามชนิดที่พบในบรรยากาศภายในอาคารนั้นแสดงไว้ในตารางที่ 1 และรูปที่ 2 โดยเมื่อทำการทดสอบทางสถิติโดยวิธี Paired t-test พบว่า ความเข้มข้นของเชื้อราที่พบจากการใช้เครื่องมือสองชนิดนั้นมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ $a < 0.01$ สำหรับเชื้อราที่พบภายนอกอาคารนั้น พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในจำนวนของเชื้อ Penicillium และ Mucor (ตารางที่ 2 และรูปที่ 3) อย่างไรก็ตาม ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างเครื่องมือสองชนิดนั้นต่ำกว่าผลการวิจัยของ Jones et al. (1985) ที่รายงานไว้ที่ 0.99 เป็นอย่างมาก โดยการเก็บตัวอย่างภายในอาคารนั้นมีค่าสหสัมพันธ์ 0.04-0.46 ส่วนการเก็บตัวอย่างภายนอกอาคารมีค่าสหสัมพันธ์ 0.01-0.68 เมื่อพิจารณาถึงปริมาณของเชื้อราที่พบแต่ละชนิด พบว่า ในบรรยากาศภายในอาคารนั้น แอสเปอร์จิลัส (Aspergillus) มีมากที่สุด รองลงมาได้แก่ เพ็นนิซิเลียม (Penicillium) เคอร์วูลาเรีย (Curvularia) ฟูซาเรียม (Fusarium) และคลาโดสปอร์เรียม (Cladosporium) ส่วนมิวคอร์ (Mucor) และพีซิโลไมซิส (Paecilomyces) นั้นพบได้น้อยกว่าชนิดอื่น คิดเป็นร้อยละจากการเฉลี่ยจากเครื่องมือทั้งสองชนิดได้เป็นร้อยละ 24, 20, 17, 14, 13, 6 และ 6 ตามลำดับ ในส่วนของบรรยากาศภายนอกอาคาร ยังคงพบว่าอันดับของการพบเชื้อรายังคงเป็นเช่นเดิม คือ พบแอสเปอร์จิลัส

มากที่สุด รองลงมาได้แก่ เพ็นนิซิเลียม เคอร์วูลาเรีย ฟูซาเรียม คลาโดสปอร์เรียม มิวคอร์ และพีซิโลไมซิส คิดเป็นร้อยละ 22, 21, 18, 15, 13, 7 และ 4 ตามลำดับ จากการเฉลี่ยของร้อยละจากเครื่องมือทั้งสอง (ตารางที่ 3)

การอภิปรายผล

ผลการศึกษาที่ได้ช่วยยืนยันว่า การใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศชนิดชั้นเดียวนั้นสามารถทดแทนการใช้ชนิดมาตรฐาน 6 ชั้นได้ ในกรณีที่ไม่ต้องการจะทราบลักษณะการกระจายตัวของเชื้อจุลินทรีย์ในขนาดต่าง ๆ แต่ต้องการจะทราบเพียงชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์ที่พบ เนื่องจาก Andersen Impactor ชนิด 6 ชั้นนั้น สามารถจำแนกขนาดของอนุภาคที่ตกตัวลงในอาหารเลี้ยงเชื้อในชั้นต่าง ๆ ได้โดยชั้นที่ 1 เก็บอนุภาคขนาด >7.1 ไมโครเมตร ชั้นที่ 2 เก็บอนุภาคขนาด 4.7–7.1 ไมโครเมตร ชั้นที่ 3 เก็บอนุภาคขนาด 3.3–4.7 ไมโครเมตร ชั้นที่ 4 เก็บอนุภาคขนาด 2.1–3.3 ไมโครเมตร ชั้นที่ 5 เก็บอนุภาคขนาด 1.1–2.1 ไมโครเมตร และชั้นสุดท้ายเก็บอนุภาคขนาด 0.65–1.1 ไมโครเมตร ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาถึงลักษณะและตำแหน่งของการฝังตัวของอนุภาคในระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้ โดยในการศึกษาเมื่อแยกตามขนาดพบว่าปริมาณเชื้อราในอากาศทั้งภายในและภายนอกอาคารนั้น จะไม่ค่อยพบเชื้อราในชั้นที่ 1 แต่จะพบมากในชั้นที่ 5 และชั้นที่ 6 โดยพบแอสเปอร์จิลัส (ร้อยละ 19) มากที่สุด รองลงมาได้แก่ เคอร์วูลาเรีย (ร้อยละ 18) และเพ็นนิซิเลียม (ร้อยละ 17) แสดงว่าเชื้อราส่วนใหญ่มีขนาดเล็กมาก ตามที่ Deacon (2003) ได้จำแนกขนาดของจุลินทรีย์ พบว่าเชื้อราที่พบส่วนใหญ่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วน Trachea Bronchi Bronchiloles จนถึงทางเดินหายใจส่วน Alveoli อย่างไรก็ตาม กรณีที่ต้องการข้อมูลเพียงจำนวนรวมของจุลินทรีย์ การใช้ Impactor ชนิดชั้นเดียว จะช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย ทั้งในเรื่องของจำนวนอาหารเลี้ยงเชื้อ การตรวจและวินิจฉัยเชื้อ และการใช้พื้นที่ในการตู้อบเพาะเชื้อได้เป็นอย่างมาก ส่วนการที่เครื่องมือทั้งสองชนิดนั้นให้ผลในเรื่องของค่าสหสัมพันธ์ที่ต่ำมาก อาจเป็นไปได้ว่าข้อมูลที่ใช้ (10 ซ้ำ) นั้นยังคงมีจำนวนไม่มากพอ อาจจำเป็นต้องศึกษาให้มากกว่านี้อีก

ในส่วนของชนิดและปริมาณเชื้อราที่พบนั้น การศึกษานี้พบแอสเปอร์จิลัส เพ็นนิซิเลียม และเคอร์วูลาเรีย เฉลี่ย 29, 27 และ 25 cfu/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับในบรรยากาศภายนอกอาคาร ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Lee and Jo (2006) ในประเทศเกาหลีที่พบแอสเปอร์จิลัส 23–36 cfu/ลูกบาศก์เมตร และเพ็นนิซิเลียม 36–43 cfu/ลูกบาศก์เมตร ในฤดูหนาวภายนอกอาคาร และการศึกษาของ Medrela–Kuder (2003) ในเมือง Crac±w ประเทศโปแลนด์ที่พบแอสเปอร์จิลัส 30 cfu/ลูกบาศก์เมตร และเพ็นนิซิเลียม 61 cfu/ลูกบาศก์เมตร ในฤดูหนาวภายนอกอาคารเช่นกัน แต่ถ้าเปรียบเทียบกับการศึกษาของกฤษณียา (2548) ที่พบแอสเปอร์จิลัส เพ็นนิซิเลียม และเคอร์วูลาเรีย 95, 96 และ 25 cfu/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับในการเก็บตัวอย่างบริเวณลานจอดรถ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น การศึกษานี้มีปริมาณแอสเปอร์จิลัส และเพ็นนิซิเลียมน้อยกว่ามาก ทั้งนี้เป็นไปได้ว่า ช่วงที่กฤษณียาเก็บตัวอย่างนั้น เป็นช่วงที่คณะสาธารณสุขศาสตร์เพิ่งเสร็จสิ้นจากการทุบตึกเก่าเพื่อทำเป็นลานจอดรถ จำนวนแอสเปอร์จิลัส และเพ็นนิซิเลียม จึงยังฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศเป็นจำนวนมาก โดยจากการรายงานของ Bouza et al. (2002) ระบุไว้ว่าการทุบทำลายตึกนั้นก่อให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อราจากภายในอาคารออกมาในบรรยากาศได้มากถึง 4 เท่าจากค่าปกติ (จาก 17.6 cfu/ลูกบาศก์เมตร เพิ่มขึ้นเป็น 70.2 cfu/ลูกบาศก์เมตร) และลดลงมาเป็น 2 เท่าหลังจากผ่านไป 1 เดือน

ในบรรยากาศภายในอาคารของการศึกษานี้ พบว่ามีค่าเฉลี่ยของแอสเปอร์จิลัส เพ็นนิซิเลียม และเคอร์วูลาเรีย 37.9, 33.1 และ 26 cfu/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ โดยมีจำนวนแอสเปอร์จิลัสใกล้เคียงกับที่กฤษณียา (2548) ศึกษาเอาไว้ คือ 33 cfu/ลูกบาศก์เมตร

ส่วนเพ็นนิซิเลียม และเคอร์วูลาเรียในปี 2548 นั้นพบ 8 และ 0 cfu/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ Lee and Jo (2006) พบว่าจำนวนแอสเปอร์จิลัสนั้นยังคงใกล้เคียงกัน คือ 31-70 cfu/ลูกบาศก์เมตร ส่วนเพ็นนิซิเลียมนั้นพบ 42-50 cfu/ลูกบาศก์เมตร ในประเทศเกาหลี

ในส่วนของจำนวนเชื้อราทั้งหมด การศึกษานี้พบเชื้อราภายในอาคารเฉลี่ย 166 cfu/ลูกบาศก์เมตร ใกล้เคียงกับประเทศเกาหลีที่พบ 93-155 cfu/ลูกบาศก์เมตร (Lee and Jo, 2006) แต่มากกว่าเชื้อราที่พบในที่พักอาศัยในเมือง Cincinnati ประเทศสหรัฐอเมริกาตามที่ Lee et al. (2006) รายงานเอาไว้ที่ 89 cfu/ลูกบาศก์เมตร แต่ยังคงต่ำกว่าที่พักอาศัยในประเทศอาหรับเอมิเรตส์ที่พบเชื้อราเฉลี่ย 250 cfu/ลูกบาศก์เมตร (Jaffal et al., 1997) และในโปแลนด์ที่พบในห้องเรียน 353 cfu/ลูกบาศก์เมตร (Medrela-Kuder, 2003) ส่วนเชื้อรานอกอาคารนั้น ในการศึกษานี้พบ 132 cfu/ลูกบาศก์เมตร น้อยกว่าเมือง Cincinnati ที่พบ 168 cfu/ลูกบาศก์เมตร (Lee et al., 2006) และประเทศเกาหลีที่พบ 154-203 cfu/ลูกบาศก์เมตร (Lee and Jo, 2006)

ทั้งนี้ การศึกษาจำนวนเชื้อราในบรรยากาศนั้นขึ้นอยู่กับฤดูกาลที่ศึกษาด้วย โดยเชื้อรานอกอาคารนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้จาก 106 cfu/ลูกบาศก์เมตร ในฤดูหนาวไปเป็น 508 cfu/ลูกบาศก์เมตร ในฤดูใบไม้ผลิ และเพิ่มเป็น 1211 cfu/ลูกบาศก์เมตร ได้ในฤดูร้อน เช่นเดียวกับเชื้อราในอาคารที่พบ 353 cfu/ลูกบาศก์เมตร ในฤดูหนาว 501 cfu/ลูกบาศก์เมตร ในฤดูใบไม้ผลิ และ 939 cfu/ลูกบาศก์เมตร ในฤดูร้อนในประเทศโปแลนด์ (Medrela-Kuder, 2003) ซึ่งในการศึกษานี้เก็บตัวอย่างในช่วงฤดูหนาวของประเทศไทย การเปรียบเทียบจึงใช้ข้อมูลของฤดูหนาวของการศึกษาอื่นถึงแม้ว่าอุณหภูมิในช่วงฤดูหนาวของประเทศอื่นโดยภาพรวมแล้วค่อนข้างจะแตกต่างกันก็ตาม อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) แนะนำเอาไว้ว่าเชื้อราทั้งหมดในบรรยากาศไม่ควรเกิน 500 cfu/ลูกบาศก์เมตร (จิตรพรรณ และชมพูศักดิ์, 2547) การศึกษานี้ยังคงมีปริมาณเชื้อราทั้งหมดต่ำกว่าค่าดังกล่าวอยู่มาก

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

การศึกษานี้ทำการเก็บตัวอย่างที่เวลา 10 นาที เวลาเดียวเท่านั้น ในกรณีที่มีการเก็บตัวอย่างในบริเวณที่มีความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์สูง หากเก็บตัวอย่างเป็นเวลานาน การใช้เครื่องมือ Impactor ชนิดชั้นเดียวอาจเกิดปัญหาเรื่องการรับตัวอย่างเป็นจำนวนมากเกินไป (Overload) จากการที่ไม่สามารถกระจายจำนวนจุลินทรีย์ไปยังชั้นรองรับชั้นอื่น ๆ แบบชนิด 6 ชั้นได้ ปริมาณจุลินทรีย์ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างระหว่างสองวิธีนี้จึงอาจมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งในกรณีนี้การลดระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างลงจะสามารถช่วยแก้ปัญหาได้ ดังนั้น การทดสอบระยะเวลาการเก็บตัวอย่างที่เหมาะสม จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ควรต้องกระทำก่อนทุกครั้งในการใช้เครื่องมือแบบชั้นเดียวแทนแบบมาตรฐาน 6 ชั้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนบางส่วนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น และได้รับความอนุเคราะห์การใช้อุปกรณ์ห้องปฏิบัติการจากภาควิชาจุลชีววิทยาคลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

กฤษณียา ศังขจันทรานนท์. 2548. **ชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อโรคในโรงพยาบาลการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมือเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จิตรพรรณ ภูษาภักดีภพ และชมพูศักดิ์ พูลเกษ. 2547. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารและกลุ่มอาการเจ็บป่วยของพนักงานในสำนักงานของโรงพยาบาล กรณีศึกษาจังหวัดชลบุรี. **วารสารสาธารณสุขศาสตร์** 34(3): 180-189.

Bouza, E., Pel±ez, T., Pérez-Molina, J., Marin, M., Alcal±, L., Padilla, B., Mu±oz, P., et al. 2002. Demolition of a hospital building by controlled explosion: the impact on filamentous fungal load in internal and external air. **Journal of Hospital Infection** 52: 234-242.

Curtis, S.E., Balsbaugh, R.K. and Drummond, J.G. 1978. Comparison of Andersen eight-stage and two-stage viable air samplers. **Applied and Environmental Microbiology** 35: 208-209.

Deacon, J. 2003. **The Microbial World: Airbrone Microorganisms**. [online] [Cited 13 November 2003]. Available from: http://www.helios.bto.ed.ac.uk/bto/microbes/airborne.htm.

Jaffal, A.A., Banat, I.M., Moghe, El, A.A., Nsanze, H., Bener, A. and Ameen, A.S. 1997. Residential indoor airborne microbial populations in the united arab Emirates. **Journal of Environmental international** 23 (4): 529-533.

Jones, W., Morring, K., Morey, P. and Sorenson, W. 1985. Evaluation of the Andersen viable impactor for single stage sampling. **American Industrial Hygiene Association Journal** 46(5): 294-298.

Kowalski, W.J. and Bahnfleth, W. 1998. Airborne respiratory diseases and mechanical systems for control of microbes. **Journal of Heating/Piping/Air conditioning Engineering** 70: 34-52.

Lee, Ji-Hyun and Jo, Wan-Kuen. 2006. Characteristics of indoor and outdoor bioaerosols at Korean high-rise apartment buildings. **Journal of Environmental Research** 101: 11-17.

Lee, Taekhe, Grinshpun, Sergey A., Maruzevicius, Dainius, Adhikari, Atin, Crawford, Carlos M. and Reponen, Tiina. 2006. Culturability and concentration of indoor and outdoor airborne fungi in six single-family home. **Journal of Atmospheric Environmental** 40: 2902-2910.

MS Hospital Consulting. 2004. **Indoor Air Quality in Health Care Settings.** [online] [Cited 12 January 2004]. Available from: http://www.mshospitalconsulting.com.

Medrela-Kuder, E. 2003. Seasonal variations in the occurrence of culturable airborne fungi in outdoor and indoor air in Cracow. **Journal of international Biodeterioration & Biodegradation** 52: 203-205.

Niemeier, R.T., Sivasubramani, S.K., Reponen, T. 2006. Assessment of fungal contamination in moldy homes: comparison of different methods. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene** 3: 262-273.

Streifel, A.J. 2004. **Hospital Air-Quality Monitoring.** [online][Cited 14 January 2004]. Available from: http://www.infectioncontroltoday.com.

ตารางที่ 1 จำนวนเชื้อราที่พบ (cfu/ลูกบาศก์เมตร) ในบรรยากาศภายในอาคารจาก Andersen Impactor ชนิดมาตรฐาน (Std) และชนิดชั้นเดียวแบบ N_6

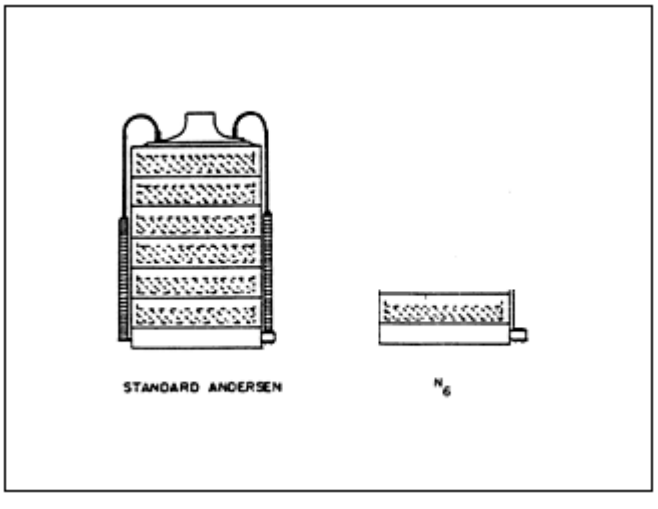
ครั้งที่	Total fungi		Aspergillus		Penicillium		Curvularia		Cladosporium		Mucor		Fusarium		Paecilomyces	
	Std	N_6	Std	N_6	Std	N_6	Std	N_6	Std	N_6	Std	N_6	Std	N_6	Std	N_6
1	185.	181.7	44.6	47.1	25.2	36.1	36.1	28.8	18.0	21.6	7.2	0	47.1	28.8	0	10.7
2	153.	173.7	7.2	36.1	14.3	43.4	21.6	21.6	43.4	18.0	14.3	10.7	47.1	21.6	0	14.3
3	173.	161.7	14.3	47.1	32.5	32.5	47.1	25.2	18.0	18.0	7.2	14.3	28.8	18	18.0	0
4	161.	181.7	58.2	32.5	7.2	39.8	14.3	32.5	10.7	14.3	0	10.7	50.8	25.2	14.3	18.0
5	173.	173.7	18.0	50.8	50.8	36.1	54.5	28.8	0	10.7	7.2	14.3	36.1	14.3	0	10.7
6	185.	181.7	54.5	39.8	14.3	39.8	14.3	32.5	32.5	25.2	28.8	0	21.6	25.2	10.7	10.7
7	126.	169.7	32.5	47.1	39.8	43.4	21.6	28.8	14.3	18.0	7.2	7.2	3.6	18.0	3.6	0
8	153.	177.7	25.2	43.4	21.6	36.1	32.5	25.2	25.2	18.0	14.3	18.0	10.7	28.8	18.0	0
9	161.	130.3	18.0	32.5	43.4	28.8	10.7	25.2	32.5	10.7	25.2	7.2	3.6	21.6	21.6	0
10	173.	134.2	58.2	50.8	39.8	36.1	7.2	10.7	47.1	21.6	0	10.7	14.3	0	0	0
เฉลี่ย	**165.**	**166.**	**33.1**	**42.7**	**28.9**	**37.2**	**26.0**	**25.9**	**24.2**	**17.6**	**11.1**	**9.3**	**26.4**	**20.2**	**8.6**	**6.4**
ค่าต่ำสุด	126.	130.3	7.2	32.5	7.2	28.8	7.2	10.7	0	10.7	0	0	3.6	0	0	0
ค่าสูงสุด	185.	181.7	58.2	50.8	50.8	43.4	54.5	32.5	47.1	25.2	28.8	18.0	50.8	28.8	21.6	18.0
ค่าเบี่ยงเบน	17.8	19.2	19.4	7.1	14.5	4.6	16.0	6.4	14.8	4.7	9.7	5.9	18.3	8.5	8.8	7.1
P value	0.8463		0.1690		0.1016		0.9905		0.1541		0.6675		0.3033		0.6095	
ค่าสหสัมพันธ์	r = 0.04		r = 0.04		r = 0.47		r = 0.26		r = 0.46		r = 0.37		r = 0.26		r = 0.32	

ตารางที่ 2 จำนวนเชื้อราที่พบ (cfu/ลูกบาศก์เมตร) ในบรรยากาศภายนอกอาคารจาก Andersen Impactor ชนิดมาตรฐาน (Std) และชนิดชั้นเดียวแบบ N_6

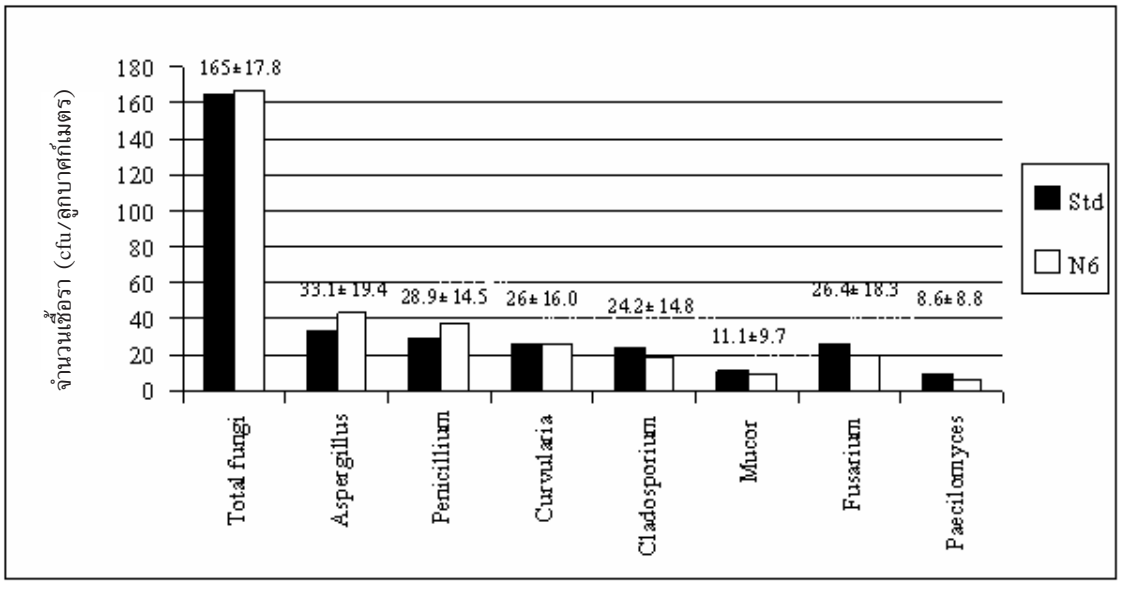
ครั้งที่	Total fungi		Aspergillus		Penicillium		Curvularia		Cladosporium		Mucor		Fusarium		Paecilomyces	
	Std	N_6	Std	N_6	Std	N_6	Std	N_6	Std	N_6	Std	N_6	Std	N_6	Std	N_6
1	138.1	122.6	39.8	21.6	25.2	32.5	54.5	28.8	3.6	10.7	3.6	0	7.2	25.2	0	0
2	149.9	153.8	10.7	36.1	32.5	28.8	32.5	21.6	32.5	18.0	25.2	10.7	10.7	32.4	0	0
3	165.7	126.4	47.1	25.2	21.6	36.1	36.1	32.5	0	7.2	14.3	7.2	36.1	14.3	3.6	0
4	126.4	114.9	50.8	21.6	18.0	25.2	7.2	14.3	7.2	14.3	28.8	14.3	0	21.6	10.7	0
5	114.9	138.1	10.7	32.5	18.0	28.8	32.5	25.2	21.6	18.0	0	3.6	18.0	25.2	10.7	0
6	149.9	157.8	25.2	32.5	21.6	39.8	28.8	28.8	0	14.3	18.0	7.2	39.8	28.8	10.7	0
7	134.2	99.5	28.8	39.8	25.2	28.8	21.6	0	28.8	10.7	18.0	0	7.2	14.3	0	3.6
8	88.2	157.8	18.0	25.2	25.2	50.8	14.3	28.8	18.0	18.0	10.7	0	0	25.2	0	3.6
9	122.6	146.0	7.2	28.8	14.3	32.5	32.5	32.5	0	21.6	21.6	0	32.5	14.3	10.7	10.7
10	99.5	126.4	0	43.4	0	36.1	21.6	0	28.8	14.3	0	0	39.8	21.6	7.2	7.2
เฉลี่ย	**128.9**	**134.3**	**23.8**	**30.7**	**20.2**	**33.9**	**28.2**	**21.3**	**14.1**	**14.7**	**14.0**	**4.3**	**19.1**	**22.3**	**5.4**	**2.5**
ค่าต่ำสุด	88.2	99.5	0	21.6	0	25.2	7.2	0	0	7.2	0	0	0	14.3	0	0
ค่าสูงสุด	165.7	157.8	50.8	43.4	32.5	50.8	54.5	32.5	32.5	21.6	28.8	14.3	39.8	32.4	10.7	10.7
ค่าเบี่ยงเบน	23.8	19.7	17.6	7.5	9.4	7.4	13.0	12.4	13.3	4.3	10.2	5.3	16.4	6.3	5.1	3.8
P value	0.6136		0.3778		0.0042		0.1315		0.8783		0.0039		0.6066		0.1536	
ค่าสหสัมพันธ์	r = 0.11		r = 0.68		r = 0.009		r = 0.47		r = 0.18		r = 0.64		r = 0.21		r = 0.18	

ตารางที่ 3 จำนวนเชื้อราชนิดต่าง ๆที่พบในบรรยากาศภายในอาคารและภายนอกอาคารจาก Andersen Impactor ชนิดมาตรฐาน (Std) และชนิดชั้นเดียวแบบ N_6

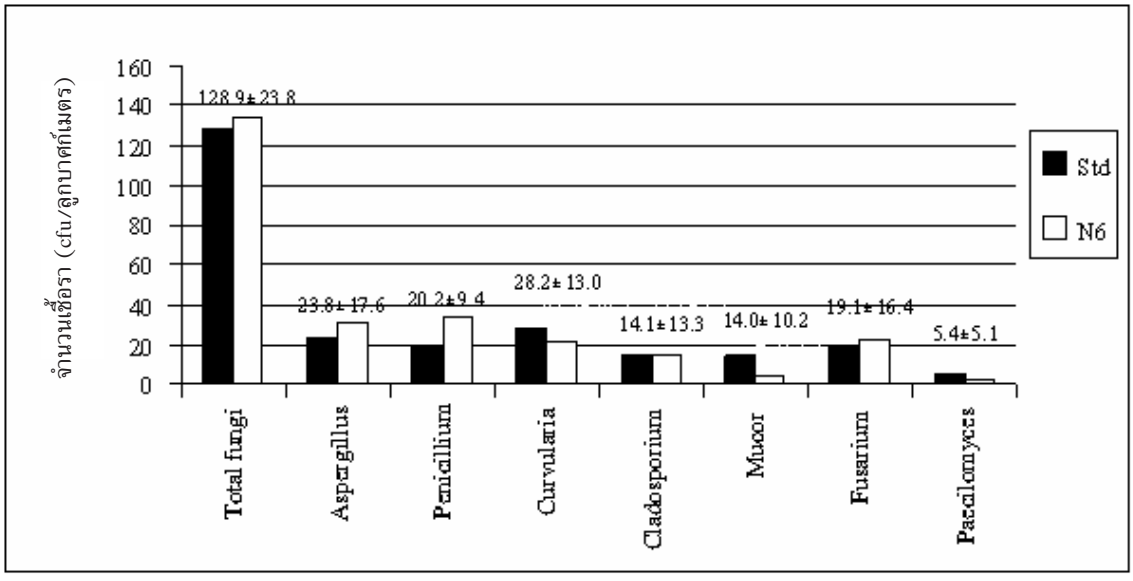
เชื้อราที่พบ	ภายในอาคาร				ภายนอกอาคาร			
	จำนวน colony			ร้อยละ	จำนวน colony			ร้อยละ
	Std	N_6	รวม		Std	N_6	รวม	
แอสเปอร์จิลัส (Asspergillus)	85	118	203	24	73	85	158	22
เพ็นนิซิเลียม (penicillium)	71	103	174	20	58	94	152	21
เคอร์วูลาเรีย (Curvularia)	76	72	148	17	71	59	130	18
คลาโดสปอร์เรียม (Cladosporium)	63	49	112	13	46	41	87	13
มิวคอร์ (Mucor)	29	26	55	6	35	12	47	7
ฟูซาเรียม (Fusarium)	68	56	124	14	46	62	108	15
พีซิโลไมซิส (Paecilomyces)	30	18	48	6	20	7	27	4
รวม	422	442	864	100	349	360	709	100



รูปที่ 1 การเก็บตัวอย่างอากาศชนิดมาตรฐาน 6 ชั้นและชนิดชั้นเดียวแบบ N_6 (ดัดแปลงจาก Jones et al., 1985)



รูปที่ 2 จำนวนเชื้อราเฉลี่ยที่พบ (cfu/ลูกบาศก์เมตร) ในบรรยากาศภายในอาคารจาก Andersen Impactor ชนิดมาตรฐาน (Std) และชนิดชั้นเดียวแบบ N_6



รูปที่ 3 จำนวนเชื้อราเฉลี่ยที่พบ (cfu/ลูกบาศก์เมตร) ในบรรยากาศภายนอกอาคารจาก Andersen Impactor ชนิดมาตรฐาน (Std) และชนิดชั้นเดียวแบบ N_6