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) * พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์ (Pipat Sribenjalux)**
ภารดี ช่วยบำรุง (Paradee Chuaybamroong) ***

บทคัดย่อ

การเก็บตัวอย่างเชื้อราในบรรยากาศทั้งภายในอาคารและภายนอกอาคารเพื่อเปรียบเทียบถึงจำนวนความเข้มข้นที่ได้จากการใช้เครื่องมือสองชนิด คือ Andersen Impactor ชนิดมาตรฐาน 6 ชั้นและชนิดชั้นเดียวแบบ N_6 นั้น พบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจากการใช้ paired t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha < 0.01$ โดยที่ค่าสหสัมพันธ์ของวิธีทั้งสองมีค่าต่ำมาก อยู่ในช่วงของ 0.01-0.68 โดยความเข้มข้นของเชื้อราที่ได้จากชนิด N_6 มีค่ามากกว่าที่ได้จากชนิดมาตรฐาน 6 ชั้นและพบจำนวนเชื้อราทั้งหมดในบรรยากาศภายในอาคาร (165-167 cfu/m^3) มากกว่าบรรยากาศภายนอกอาคาร (129-134 cfu/m^3) ซึ่งชนิดของเชื้อราที่พบมากที่สุด 3 อันดับแรกทั้งในและนอกอาคาร คือ *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* และ *Curvularia spp.* 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 impactor were compared in two different environments, indoor and outdoor. The results showed that the concentrations were insignificantly different by using a paired t-test at $\alpha < 0.01$ although the correlations between two methods were very poor, in a 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 indoor environment (165-167 cfu/m^3) were higher than that in outdoor environment (129-134 cfu/m^3) and the most available genus found were *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* and *Curvularia spp.*, respectively.

คำสำคัญ : จุลินทรีย์ในอากาศ มลพิษในอาคาร เชื้อราในอากาศ การเก็บตัวอย่างอากาศ
Key Words : Airborne microbes, Indoor air pollution, Airborne fungi, Air sampling

---

* *นักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
** *รองศาสตราจารย์ ภาควิชาจุลชีววิทยาคลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
*** *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*

บทนำ

จุลินทรีย์ในอากาศนั้นสามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อ ทั้งจากเชื้อที่สามารถติดต่อจากคนสู่คนทางระบบทางเดินหายใจ (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 ซึ่งในการไอและจามของผู้ป่วยหนึ่งครั้ง สามารถปล่อยอนุภาคออกมาได้มากกว่า 1,000 และ 100,000 อนุภาค ตามลำดับ (Kowalski and Bahnfleth, 1998) ส่วนในกลุ่มของเชื้อฉวยโอกาส พบว่าเชื้อรา *Aspergillus* spp. เป็นตัวการในอัตราการตายของผู้ป่วยปลูกถ่ายไขกระดูกสูงถึง 95% ทำให้ผู้ป่วยโรค leukemia มีอัตราการตาย 13-80% และผู้ป่วยเปลี่ยนถ่ายไตมีอัตราการตาย 8-30% (MS Hospital Consulting, 2004) ซึ่งเชื้อ *Aspergillus flavus* ในอากาศจำนวนเพียง 1.1-1.2 cfu/m^3 (Colony Forming Units per cubic meter of air) จะสัมพันธ์กับอัตราการติดเชื้อในโรงพยาบาล 4% ส่วน *Aspergillus fumigatus* 0.9 cfu/m^3 สัมพันธ์กับอัตราการติดเชื้อในโรงพยาบาล 5% (Streifel, 2004)

การเฝ้าระวังคุณภาพอากาศด้วยการตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาการติดเชื้อดังกล่าว กระทำได้ด้วยการเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้เครื่องมือชนิด Active sampler ที่ใช้การดูดอากาศที่รู้ปริมาตรแน่นอนเข้ามาในเครื่องมือก่อนจะนำตัวอย่างที่มีจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่ไปทำการเพาะเชื้อต่อไป ทั้งนี้ Andersen Impactor ชนิด 6 ชั้น นั้นเป็นเสมือนเครื่องมือมาตรฐานในกลุ่มของ 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) และกลุ่มอื่นๆ 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 ชนิดชั้นเดียวนั้นเป็นที่นิยมอย่างรวดเร็ว เนื่องจากช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการตรวจวินิจฉัยเป็นอันมาก อย่างไรก็ตาม Jones *et al.* (1985) ได้ทำการเปรียบเทียบจำนวนรวมทั้งหมดของเชื้อราโดยไม่ได้จำแนกตามชนิด พบเชื้อราในอากาศจากสถานที่ต่างๆ กัน ซึ่งพบว่าจำนวนเชื้อราอยู่ในช่วง 10-3000 cfu/m^3 โดยช่วงของค่าที่ได้มีความกว้างมากอาจเนื่องมาจากสถานที่เก็บตัวอย่างต่างกัน ทำให้พบปริมาณเชื้อต่างกันมาก และในบริเวณที่มีปริมาณเชื้อราสูงมากนั้นการเก็บตัวอย่างด้วยวิธี N_6 จะได้ปริมาณเชื้อราสูงกว่าวิธีมาตรฐานค่อนข้างมาก ซึ่งทำให้วิธีนี้อาจไม่เหมาะสมกับการศึกษาในบริเวณที่มีปริมาณเชื้อราสูง การศึกษานี้จึงประสงค์ที่จะศึกษาให้ละเอียดไปกว่าเดิมในสภาพบรรยากาศร้อนชื้นของประเทศไทย โดยได้จำแนกเป็นชนิดและปริมาณของเชื้อราที่พบทั้งในบรรยากาศภายในและภายนอกอาคารจากการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องมือทั้งสองชนิด ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อการเลือกใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศของประเทศไทยต่อไป

วิธีการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจชนิดและปริมาณเชื้อราในอากาศทั้งภายในและภายนอกอาคารจากการใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศสองชนิด คือ Andersen Impactor ชนิดมาตรฐาน 6 ชั้น และชนิดชั้นเดียวแบบ N_6

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องมือเก็บตัวอย่างเชื้อราในบรรยากาศในที่นี้ใช้ Andersen Impactor ชนิดมาตรฐาน 6 ชั้น (Thermo Andersen, model 1060056) กับชนิดชั้นเดียวแบบ N_6 ซึ่งเป็นการนำเพียงชั้นสุดท้ายของเครื่องมือ Andersen Impactor ชนิดมาตรฐานมาใช้ (รูปที่ 1) โดยการศึกษาชนิดและปริมาณเชื้อราในบรรยากาศภายในอาคาร ทำโดยเก็บตัวอย่างอากาศภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (อุณหภูมิเฉลี่ย 26.5 ˚C ความชื้น 41.6%) จำนวนทั้งหมด 10 ครั้ง ส่วนภายนอกอาคารนั้นเก็บในที่โล่งนอกอาคาร คณะเทคนิคการแพทย์ (อุณหภูมิเฉลี่ย 32.5 ˚C ความชื้น 31.6%) จำนวน 10 ครั้งเช่นเดียวกัน ด้วยอัตราการดูดอากาศ 28.3 ลิตรต่อนาที นาน 10 นาที ในช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ 2549 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้คือ Potato Dextrose Agar (PDA) (BBL Becton Dickinson, U.S.A.) ในระหว่างการเปลี่ยนจานอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละครั้ง มีการใช้ 70% แอลกอฮอล์เช็ดอุปกรณ์เครื่องมือเพื่อป้องกันการปนเปื้อนทุกครั้ง เมื่อเสร็จสิ้นการเก็บตัวอย่างจานอาหารเลี้ยงเชื้อทั้งหมดถูกนำไปอบเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35±2 ˚C นาน 48 ชั่วโมง ก่อนนำมานับจำนวนโคโลนีและแยกพิสูจน์เชื้อตามวิธีของ American Society for Microbiology และ Bailey and Scott's Diagnostic Microbiology ผลที่ได้รายงานในรูปของ cfu/m^3 ทั้งนี้ การอ่านผลที่ 48 ชั่วโมงนั้น เนื่องจากหลังจาก 48 ชั่วโมงไปแล้วเชื้อราในบรรยากาศที่พบนั้นเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วปกคลุมไปทั่วอาหารเลี้ยงเชื้อ จนไม่สามารถอ่านผลได้

การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ใช้สถิติพรรณนาวิเคราะห์ข้อมูลแสดงผลเป็นการจัดกลุ่ม ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และใช้สถิติเชิงวิเคราะห์ pair t-test ในการเปรียบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างเชื้อราระหว่างวิธีมาตรฐานกับวิธี N_6 และใช้ t-test ในการเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของเชื้อราที่พบจากบรรยากาศภายในและภายนอกอาคาร

ผลการวิจัย

จำนวนเชื้อราทั้งหมดและเชื้อราที่แยกตามชนิดที่พบในบรรยากาศภายในอาคารนั้นแสดงไว้ในตารางที่ 1 โดยเมื่อทำการทดสอบทางสถิติโดยวิธี Paired t-test พบว่า ความเข้มข้นของเชื้อราที่พบจากการใช้เครื่องมือสองชนิดนั้นมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ $\alpha < 0.01$ สำหรับเชื้อราที่พบภายนอกอาคารนั้น พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในจำนวนของเชื้อ *Penicillium spp.* และ *Mucor spp.* (ตารางที่ 2) 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 *Aspergillus spp.* นั้นมีมากที่สุด รองลงมาได้แก่ *Penicillium spp.*, *Curvularia spp.*, *Fusarium spp.* และ *Cladosporium spp.* ส่วน *Mucor spp.* และ *Paecilomyces spp.* นั้นพบได้น้อยกว่าชนิดอื่น คิดเป็นสัดส่วนจากการเฉลี่ยจากเครื่องมือทั้งสองชนิดได้เป็น 24%, 20%, 17%, 14%, 13%, 6% และ 6% ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ในส่วนของบรรยากาศภายนอกอาคาร

ยังคงพบว่าอันดับของการพบเชื้อรายังคงเป็นเช่นเดิม คือ พบ *Aspergillus spp.* มากที่สุด รองลงมาได้แก่ *Penicillium spp*, *Curvularia spp*, *Fusarium spp*, *Cladosporium spp*, *Mucor spp* และ *Paecilomyces spp.* ในสัดส่วน 22%, 21%, 18%, 15%, 13%, 7% และ 4% ตามลำดับ จากการเฉลี่ยของร้อยละจากเครื่องมือทั้งสอง (ตารางที่ 4)

การอภิปรายผล

ผลการศึกษาที่ได้ช่วยยืนยันว่า การใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศชนิดชั้นเดียวนั้นสามารถทดแทนการใช้ชนิดมาตรฐาน 6 ชั้นได้ ในกรณีที่ไม่ต้องการจะทราบลักษณะการกระจายตัวของเชื้อจุลินทรีย์ในขนาดต่าง ๆ แต่ต้องการจะทราบเพียงชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์ที่พบ เนื่องจาก Andersen Impactor ชนิด 6 ชั้นนั้นสามารถจำแนกขนาดของอนุภาคที่ตกตัวลงในอาหารเลี้ยงเชื้อในชั้นต่าง ๆ ได้ โดยชั้นที่ 1 เก็บอนุภาคขนาด > 7.1 μm ชั้นที่ 2 เก็บอนุภาคขนาด 4.7-7.1 μm ชั้นที่ 3 เก็บอนุภาคขนาด 3.3-4.7 μm ชั้นที่ 4 เก็บอนุภาคขนาด 2.1-3.3 μm ชั้นที่ 5 เก็บอนุภาคขนาด 1.1-2.1 μm และชั้นสุดท้ายเก็บอนุภาคขนาด 0.65-1.1 μm ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาถึงลักษณะและตำแหน่งของการฝังตัวของอนุภาคในระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้ อย่างไรก็ตาม กรณีที่ต้องการข้อมูลเพียงจำนวนรวมของจุลินทรีย์ การใช้ Impactor ชนิดชั้นเดียว จะช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายทั้งในเรื่องของจำนวนอาหารเลี้ยงเชื้อ การตรวจและวินิจฉัยเชื้อ และการใช้พื้นที่ในการอบเพาะเชื้อได้เป็นอย่างมาก ส่วนการที่เครื่องมือทั้งสองชนิดนั้นให้ผลในเรื่องของค่าสหสัมพันธ์ที่ต่ำมาก อาจเป็นไปได้ว่าข้อมูลที่ใช้ (10 ซ้ำ) นั้นยังคงมีจำนวนไม่มากพอ อาจจำเป็นต้องศึกษาให้มากกว่านี้อีก

ในส่วนของชนิดและปริมาณเชื้อราที่พบนั้น การศึกษานี้พบ *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* และ *Curvularia spp.* เฉลี่ย 27 cfu/m^3, 27 cfu/m^3 และ 25 cfu/m^3 ตามลำดับในบรรยากาศภายนอกอาคาร ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Lee and Jo (2005) ในประเทศเกาหลีที่พบ *Aspergillus spp.* 23-36 cfu/m^3 และ *Penicillium spp.* 36-43 cfu/m^3 ในฤดูหนาวภายนอกอาคาร และการศึกษาของ Medrela-Kuder (2003) ในเมือง Craców ประเทศโปแลนด์ที่พบ Aspergillus spp. 30 cfu/m^3 และ *Penicillium spp.* 61 cfu/m^3 ในฤดูหนาวภายนอกอาคารเช่นกัน แต่ถ้าเปรียบเทียบกับการศึกษาของกฤษณียา (2548) ที่พบ *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* และ *Curvularia spp.* 95 cfu/m^3, 96 cfu/m^3 และ 25 cfu/m^3 ตามลำดับในการเก็บตัวอย่างบริเวณลานจอดรถคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น การศึกษานี้มีปริมาณ *Aspergillus spp.* และ *Penicillium spp.* น้อยกว่ามาก ทั้งนี้เป็นไปได้ว่า ช่วงที่กฤษณียาเก็บตัวอย่างนั้นเป็นช่วงที่คณะสาธารณสุขศาสตร์เพิ่งเสร็จสิ้นจากการทุบตึกเก่าเพื่อทำเป็นลานจอดรถ จำนวน *Aspergillus spp.* และ *Penicillium spp.* จึงยังฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศเป็นจำนวนมาก โดยจากการรายงานของ Bouza et al. (2002) ระบุไว้ว่าการทุบทำลายตึกนั้นก่อให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อราจากภายในอาคารออกมาในบรรยากาศได้มากถึง 4 เท่าจากค่าปกติ (จาก 17.6 cfu/m^3 เพิ่มขึ้นเป็น 70.2 cfu/m^3) และลดลงมาเป็น 2 เท่าหลังจากผ่านไป 1 เดือน

ในบรรยากาศภายในอาคารของการศึกษานี้ พบว่ามีค่าเฉลี่ยของ *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* และ *Curvularia spp.* 37.9 cfu/m^3, 33.1 cfu/m^3 และ 26 cfu/m^3 ตามลำดับ โดยมีจำนวน *Aspergillus spp.* ใกล้เคียงกับที่กฤษณียา (2548) ศึกษาเอาไว้ คือ 33 cfu/m^3 ส่วน *Penicillium spp.* และ *Curvularia spp.* ในปี 2548 นั้นพบ 8 cfu/m3 และ 0 cfu/m^3 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ Lee and Jo (2005) พบว่าจำนวน *Aspergillus spp.* นั้นยังคงใกล้เคียงกัน คือ 31-70 cfu/m^3 ส่วน *Penicillium spp.* นั้นพบ

42-50 cfu/m^3 ในประเทศเกาหลี

ในส่วนของจำนวนเชื้อราทั้งหมด การศึกษานี้พบเชื้อราภายในอาคารเฉลี่ย 166 cfu/m^3 ใกล้เคียงกับประเทศเกาหลีที่พบ 93-155 cfu/m^3 (Lee and Jo, 2005) แต่มากกว่าเชื้อราที่พบในที่พักอาศัยในเมือง Cincinnati ประเทศสหรัฐอเมริกาตามที่ Lee et al. (2006) รายงานเอาไว้ที่ 89 cfu/m^3 แต่ยังคงต่ำกว่าที่พักอาศัยในประทศอาหรับเอมิเรตส์ที่พบเชื้อราเฉลี่ย 250 cfu/m^3 (Jaffal et al., 1997) และในโปแลนด์ที่พบในห้องเรียน 353 cfu/m^3 (Medrela-Kuder, 2003) ส่วนเชื้อรานอกอาคารนั้นในการศึกษานี้พบ 132 cfu/m^3 น้อยกว่าเมือง Cincinnati ที่พบ 168 cfu/m^3 (Lee *et al.*, 2006) และประเทศเกาหลีที่พบ 154-203 cfu/m^3 (Lee and Jo, 2005)

ทั้งนี้การศึกษาจำนวนเชื้อราในบรรยากาศนั้นขึ้นอยู่กับฤดูกาลที่ศึกษาด้วย โดยเชื้อรานอกอาคารนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้จาก 106 cfu/m^3 ในฤดูหนาวไปเป็น 508 cfu/m^3 ในฤดูใบไม้ผลิ และเพิ่มเป็น 1211 cfu/m^3 ได้ในฤดูร้อน เช่นเดียวกับเชื้อราในอาคารที่พบ 353 cfu/m^3 ในฤดูหนาว 501 cfu/m^3 ในฤดูใบไม้ผลิ และ 939 cfu/m^3 ในฤดูร้อนในประเทศโปแลนด์ (Medrela-Kuder, 2003) ซึ่งในการศึกษานี้เก็บตัวอย่างในช่วงฤดูหนาวของประเทศไทย การเปรียบเทียบจึงใช้ข้อมูลของฤดูหนาวของการศึกษาอื่นถึงแม้ว่าอุณหภูมิในช่วงฤดูหนาวของประเทศอื่นโดยภาพรวมแล้วค่อนข้างจะแตกต่างกันก็ตาม อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) แนะนำเอาไว้ว่าเชื้อราทั้งหมดในบรรยากาศไม่ควรเกิน 500 cfu/m^3 (จิตรพรรณ และชมพูศักดิ์, 2547) การศึกษานี้ยังคงมีปริมาณเชื้อราทั้งหมดต่ำกว่าค่าดังกล่าวอยู่มาก

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

การศึกษานี้ทำการเก็บตัวอย่างที่เวลา 10 นาทีเวลาเดียวเท่านั้น ในกรณีที่มีการเก็บตัวอย่างในบริเวณที่มีความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์สูง หากเก็บตัวอย่างเป็นเวลานาน การใช้เครื่องมือ Impactor ชนิดชั้นเดียวอาจเกิดปัญหาเรื่องการรับตัวอย่างเป็นจำนวนมากเกินไป (Overload) จากการที่ไม่สามารถกระจายจำนวนจุลินทรีย์ไปยังชั้นรองรับชั้นอื่น ๆแบบชนิด 6 ชั้นได้ ปริมาณจุลินทรีย์ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างระหว่างสองวิธีนี้จึงอาจมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งในกรณีนี้ การลดระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างลงจะสามารถช่วยแก้ปัญหาได้ ดังนั้น การทดสอบระยะเวลาการเก็บตัวอย่างที่เหมาะสม จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ควรต้องกระทำก่อนทุกครั้งในการใช้เครื่องมือแบบชั้นเดียวแทนแบบมาตรฐาน 6 ชั้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนบางส่วนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น และได้รับความอนุเคราะห์การใช้อุปกรณ์ห้องปฏิบัติการจากภาควิชาจุลชีววิทยาคลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

กฤษณียา ศังขจันทรานนท์. 2548. ชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อโรคในโรงพยาบาลและการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมือเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

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

Bouza, E., Peláez, T., Pérez-Molina, J., Marin, M., Alcalá, L., Padilla, B., Muñoz 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, SE., Balsbaugh, RK., Drummond, JG. 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. http://www.helios.bto.ed.ac.uk/bto/microbes/airborne.htm (Accessed on November 13 2003).

Jaffal, AA., Banat, IM., Moghe El, AA., Nsanze, H., Bener, A., and Ameen, AS., 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., Sorenson, W. 1985. Evaluation of the Andersen viable impactor for single stage sampling. American Industrial Hygiene Association Journal 46 (5): 294-298.

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

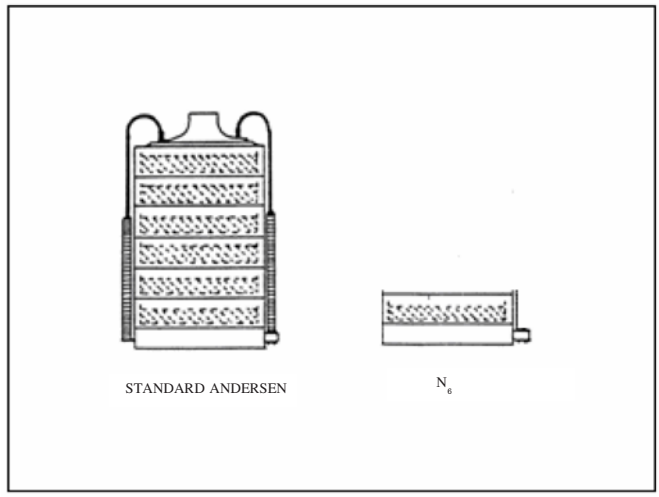
Lee Ji-Hyun and Jo Wan-Kuen. 2005. Characteristics of indoor and outdoor bioaerosols at Korean high-rise apartment buildings. Journal of Environmental Research 101: 11-17.

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. www.mshospitalconsulting.com (Accessed on Jan 12 2004).

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

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



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

ตารางที่ 1 จำนวนเชื้อราที่พบ (cfu/m^3) ในบรรยากาศภายในอาคารจาก Andersen Impactor ชนิดมาตรฐาน (Std) และชนิดชั้นเดียวแบบ N_6

ครั้งที่	Total fungi		*Aspergillus spp.*		*Penicillium spp.*		*Curvularia spp.*		*Cladosporium spp.*		*Mucor spp.*		*Fusarium spp.*		*Paecilomyces spp.*	
	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	185.7	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	153.8	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	173.7	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	161.7	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	173.7	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	185.7	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	126.4	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	153.8	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	161.7	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	173.7	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	**165.0**	**166.6**	**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	126.4	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	185.7	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/m^3) ในบรรยากาศภายนอกอาคารจาก Andersen Impactor ชนิดมาตรฐาน (Std) และชนิดชั้นเดียวแบบ N_6

ครั้งที่	Total fungi		*Aspergillus spp.*		*Penicillium spp.*		*Curvularia spp.*		*Cladosporium spp.*		*Mucor spp.*		*Fusarium spp.*		*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 สัดส่วนของเชื้อราชนิดต่างๆ ที่พบในบรรยากาศภายในอาคาร (วิธีมาตรฐาน-วิธี N_6)

ครั้งที่	สัดส่วนของเชื้อราที่พบคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)						
	Aspergillus spp.	*Penicillium spp.*	*Curvularia spp.*	*Cladosporium spp.*	*Mucor spp.*	*Fusarium spp.*	*Paecilomyces spp.*
1	24.0-25.9	13.6-19.9	19.4-15.9	9.7-11.9	3.9-0.0	25.4-15.9	0-5.9
2	4.7-20.8	9.3-25.0	14.0-12.4	28.2-10.4	9.3-6.2	30.6-12.4	0-8.2
3	8.2-29.1	18.7-20.1	27.1-15.6	10.4-11.1	4.1-8.8	16.6-11.1	10.4-0.0
4	36.0-17.9	4.5-21.9	8.8-17.9	6.6-7.9	0.0-5.9	31.4-13.9	8.8-9.9
5	10.4-29.2	29.2-20.8	31.4-16.6	0.0-6.2	4.1-8.2	20.8-8.2	0-6.2
6	29.3-21.9	7.7-21.9	7.7-17.9	17.5-13.9	15.5-0.0	11.6-13.9	5.8-5.9
7	25.7-27.8	31.5-25.6	17.1-17.0	11.3-10.6	5.7-4.2	2.8-10.6	2.8-0.0
8	16.4-24.4	14.0-20.3	21.1-14.2	16.4-10.1	9.3-10.1	7.0-16.2	11.7-0.0
9	11.1-24.9	26.8-22.1	6.6-19.3	20.1-8.2	15.6-5.5	2.2-16.6	13.4-0.0
10	33.5-37.9	22.9-26.9	4.1-8.0	27.1-16.1	0.0-8.0	8.2-0.0	0.0-0.0
เฉลี่ย	19.9-26.0	17.8-22.4	15.8-15.5	14.7-10.6	6.8-5.7	15.7-11.9	5.3-3.6
	24	20	17	13	6	14	6

ตารางที่ 4 สัดส่วนของเชื้อราชนิดต่างๆ ที่พบในบรรยากาศภายนอกอาคาร (วิธีมาตรฐาน-วิธี N_6)

ครั้งที่	สัดส่วนของเชื้อราที่พบคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)						
	Aspergillus spp.	*Penicillium spp.*	*Curvularia spp.*	*Cladosporium spp.*	*Mucor spp.*	*Fusarium spp.*	*Paecilomyces spp.*
1	28.8-17.6	18.2-17.6	39.5-23.5	2.6-8.7	2.6-0.0	5.2-20.6	0.0-0.0
2	7.1-23.5	21.7-23.5	21.7-14.0	21.7-11.7	16.8-7.0	7.1-21.1	0.0-0.0
3	28.4-19.9	13.0-19.9	21.8-25.7	0.0-5.7	8.6-5.7	21.8-11.3	2.2-0.0
4	40.2-18.8	14.2-18.8	5.7-12.4	5.7-12.4	22.8-12.4	0.0-18.8	8.5-0.0
5	9.3-23.5	15.7-23.5	28.3-18.2	18.8-13.0	0.0-2.6	15.7-18.2	9.3-0.0
6	16.8-20.6	14.4-20.6	19.2-18.3	0.0-9.1	12.0-4.6	26.6-18.3	7.1-0.0
7	21.5-40.0	18.8-40.0	16.1-0.0	21.5-10.8	13.4-0.0	5.4-14.4	0.0-3.6
8	20.4-16.0	28.6-16.0	16.2-18.3	20.4-11.4	12.1-0.0	0.0-16.0	0.0-2.3
9	5.9-19.7	11.7-19.7	26.5-22.3	0.0-14.8	17.6-0.0	26.5-9.8	8.7-7.3
10	0.0-34.3	0.0-34.3	21.7-0.0	28.9-11.3	0.0-0.0	40-17.1	7.2-5.7
เฉลี่ย	18.5-22.8	15.6-22.8	21.8-15.8	10.9-11.0	10.9-3.2	14.8-16.6	4.2-1.9
	22	21	18	13	7	15	4