

คุณภาพอากาศทางจุลินทรีย์ในสถานศึกษาปฐมวัย

Microbial Indoor Air Quality in Early Childhood Education Facilities

รจฤดี โชติกาวิรินทร์^{1*}

Rotruedee Chotigawin^{1*}

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ ทำการเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศในสถานศึกษาปฐมวัย จังหวัดชลบุรี จำนวน 10 แห่ง เพื่อศึกษาปริมาณและชนิดของแบคทีเรียและเชื้อราภายในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กและโรงเรียนอนุบาล โดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างชนิด Microbio sampler การระบุชนิดของแบคทีเรียใช้วิธีย้อมแกรม และชนิดเชื้อราใช้วิธี สไลด์เคাঁเจาะ วิเคราะห์ผลโดยใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต และเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ระหว่างศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก และโรงเรียนอนุบาลด้วยสถิติ Mann-Whitney U test ผลการศึกษาพบว่า ในภาพรวมปริมาณแบคทีเรียและเชื้อรา มีค่าเฉลี่ย (GM±GSD) เท่ากับ 574 ± 1.8 CFU/m³ และ 49.0 ± 1.8 CFU/m³ ตามลำดับ โดยปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราภายในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าโรงเรียนอนุบาล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบตามข้อเสนอแนะขององค์การอนามัยโลก (WHO) พบว่า ปริมาณแบคทีเรียภายในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กและโรงเรียนอนุบาล (853 ± 1.9 CFU/m³ และ 421 ± 2.1 CFU/m³ ตามลำดับ) มีค่าเกินข้อเสนอแนะของ WHO (< 100 CFU/m³) และปริมาณเชื้อราเฉพาะที่ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก (77.0 ± 2.1 CFU/m³) เท่านั้น มีค่าเกินข้อเสนอแนะของ WHO (< 50 CFU/m³) นอกจากนี้ยังพบแบคทีเรียและเชื้อรามากที่สุด เป็นแบคทีเรียแกรมบวกและเชื้อราชนิด *Aspergillus* spp. มีประมาณร้อยละ 80 และร้อยละ 50 ตามลำดับ

คำสำคัญ: คุณภาพอากาศทางจุลินทรีย์ แบคทีเรียทั้งหมด เชื้อราทั้งหมด สถานศึกษาปฐมวัย ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก โรงเรียนอนุบาล

¹ อ.ดร., ภาควิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 20130

* Corresponding author: e-mail: rotruedee@go.buu.ac.th

Abstract

The aim of this study was to determine the indoor concentrations and type of bacteria and fungi in child care centers and early elementary schools. The samples were collected from indoor air of ten early childhood education facilities in Chonburi. Both concentrations were collected by Microbio sampler. Bacteria and fungi were identified using Gram stain and slide culture, respectively. The microbial concentrations of child care center and early elementary school were analyzed using geometric mean and compared by Mann-Whitney U test. It was found that the average indoor air concentration in total of bacteria and fungi (GM±GSD) were 574 ± 1.8 CFU/m³ and 49.0 ± 1.8 CFU/m³, respectively. The average concentrations of bacteria and fungi in child care center were significantly higher than those in early elementary school ($p < 0.05$). When compared with the WHO guideline, the bacterial concentration in both child care centers and early elementary schools (853 ± 1.9 CFU/m³ and 421 ± 2.1 CFU/m³, respectively) exceed WHO (< 100 CFU/m³) and the fungal concentration in only child care centers (77.0 ± 2.1 CFU/m³) exceed WHO (< 50 CFU/m³). In addition, it was found that the most bacteria and fungi are Gram-positive bacteria and *Aspergillus* spp., which have concentrations of approximately 80% and 50%, respectively.

Keywords: Microbial Indoor Air Quality, Total Bacteria, Total Fungi, Early Childhood Education Facilities Child Care Centers, Early Elementary Schools

บทนำ

ในปัจจุบันสถานศึกษาปฐมวัย เช่น ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก โรงเรียนอนุบาล เปรียบเสมือนบ้านหลังที่สองที่ทำหน้าที่ดูแลเด็กออกจากพ่อแม่ โดย 30% ของเด็กเล็กช่วงอายุตั้งแต่ 3-6 ปีแรกของชีวิต จะเติบโตในสถานที่เหล่านี้ [1] แต่จากการสำรวจของสำนักงานส่งเสริมสวัสดิภาพและพิทักษ์เด็ก เยาวชน ผู้ด้อยโอกาส คนพิการและผู้สูงอายุ (สท.) กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ (พม.) พบว่า ศูนย์รับเลี้ยงเด็กปฐมวัยอายุระหว่าง 3-5 ขวบ จำนวนมากถึงร้อยละ 90 มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐาน มีเพียงร้อยละ 10 เท่านั้นที่ได้มาตรฐาน และด้านคุณภาพของสถานรับเลี้ยงเด็กเอกชนในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 108 แห่ง พบว่าสถานรับเลี้ยงเด็กส่วนใหญ่มีคุณภาพด้านสุขาภิบาลต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เช่นกัน [2] จากเหตุการณ์ต่าง ๆ เด็กเล็กที่อยู่ในสถานที่เหล่านี้เป็นกลุ่มเสี่ยงที่สำคัญต่อโรคหลายชนิด ได้แก่ โรคติดต่อทางอาหารและน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคติดต่อเฉียบพลันจากระบบทางเดินหายใจ [3] เนื่องจากวัยเด็กมีภูมิคุ้มกันที่ยังไม่แข็งแรง มีความไวในการรับสัมผัสเชื้อโรค และเด็กมีอัตราการหายใจค่อนข้างถี่ ทำให้มีโอกาสได้รับเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกายได้ง่ายและรวดเร็ว

รวมถึงถ้าอยู่ในสถานที่ที่เป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ ก็จะได้รับอันตรายเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจุลินทรีย์ในอากาศแม้ได้รับเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าเป็นชนิดก่อโรคสามารถทำให้เกิดการติดเชื้อได้ และอากาศยังช่วยให้การแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้เป็นไปได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งโรคที่เกิดจากจุลินทรีย์ในอากาศ ได้แก่ วัณโรค (Tuberculosis) โรคคอตีบ (Diphtheria) โรคไอกรน (Whooping Cough) เชื้อไข้หวัด [4] เป็นต้น และโรคต่าง ๆ ที่เกิดจากเชื้อรา อันเนื่องมาจากการสร้างสารพิษ การก่อให้เกิดภูมิแพ้ และการสัมผัสโดยตรงโดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคที่ก่อให้เกิดภูมิแพ้เนื่องมาจากสปอร์ของเชื้อราที่มีน้ำหนักเบาและขนาดเล็กที่อยู่ตามอากาศ และสามารถแพร่กระจายไปตามกระแสลมได้ในระยะไกล [5]

การเฝ้าระวังคุณภาพอากาศทางจุลินทรีย์ในสถานศึกษาปฐมวัยด้วยการตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์เป็นการบ่งบอกถึงการปนเปื้อนจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่แพร่กระจายอยู่ในอากาศ ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณและชนิดของแบคทีเรียและเชื้อราภายในสถานศึกษาปฐมวัยทั้งภาครัฐและภาคเอกชน รวมทั้งในรูปแบบศูนย์พัฒนาเด็กเล็กและโรงเรียนอนุบาล ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จะนำไปสู่การวางแผนการปรับปรุง การป้องกันการแก้ไขปัญหาและลดการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศในสถานศึกษาปฐมวัยต่อไป ทั้งนี้ยังนำไปสู่การพัฒนาเป็นสถานศึกษาปฐมวัย ภายใต้ชื่อโครงการศูนย์เด็กเล็กน่านฟ้า และศูนย์พัฒนาเด็กเล็กคุณภาพ ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายและยุทธศาสตร์ของกระทรวงสาธารณสุขอีกด้วย

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. การศึกษาค้นคว้านี้เป็นการศึกษาปริมาณและชนิดของแบคทีเรียและเชื้อราในสถานศึกษาปฐมวัยซึ่งเป็นการวิจัยเชิงสำรวจ โดยทำการเก็บตัวอย่างจากโรงเรียนอนุบาล จำนวน 7 แห่งและศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก จำนวน 3 แห่งในอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ทำการเก็บตัวอย่างในฤดูฝน คือ ช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน 2555

2. วิธีดำเนินการ

ทำการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ภายในอาคารของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กและโรงเรียนอนุบาล ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ ชนิด Microbio sampler รุ่น SAS – SUPER 100 ที่มีอัตราการดูดอากาศ 100 ลิตรต่อ นาที ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดปริมาตรของอากาศจำนวนมากและในเวลาสั้น ๆ เพื่อเป็นการป้องกันการสูญเสียตัวอย่างจากการที่ผิวหน้าของอาหารแห้งและอนุภาคเกิดการกระดอนขึ้น (Bounce) และเคลื่อนที่ไปกับอากาศ [6] ซึ่งภายในจะบรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptic soy agar (TSA) สำหรับเก็บตัวอย่างแบคทีเรียและ Sabouraud Dextrose Agar (SDA) สำหรับเก็บตัวอย่างเชื้อรา เครื่องมือเก็บตัวอย่างวางสูงที่ระดับการหายใจของเด็ก กล่าวคือ ความสูงจากพื้น 0.5-0.7 เมตร [7-8] ทำการเก็บตัวอย่างขณะที่มีการเรียนและมีการทำกิจกรรม แต่ละแห่งทำการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง แต่ละครั้งทำซ้ำจำนวน 2 ซ้ำ โดยการเก็บตัวอย่างภายในห้องเรียนทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 5 จุดเก็บ คือ มุมห้องทั้ง 4 มุม (ห่างจากผนังประมาณ 1-1.5 เมตร) และตรงกลางห้อง ดังนั้น จำนวนตัวอย่าง

ของโรงเรียนอนุบาลและศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเท่ากับ 140 และ 60 ตัวอย่าง ตามลำดับ ในขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างทำการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยเครื่องไฮโกรมิเตอร์ (รุ่น Testo 400)

หลังจากเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์เรียบร้อยแล้ว นำตัวอย่างเข้าตู้บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส ซึ่งแบคทีเรียบ่มเพาะ 24 ชั่วโมงและเชื้อราบ่มเพาะ 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีและนำจำนวนโคโลนีที่ได้นำมาเทียบกับตาราง Correction factor ของเครื่องมือก่อนนำไปคำนวณหาปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศในหน่วยของโคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร (CFU/m³) การระบุชนิดของแบคทีเรียใช้วิธีย้อมแกรม และเชื้อราใช้วิธีสไลด์เค้เจอร์ (Slide culture)

สำหรับการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ภายนอกอาคาร ทำการเก็บบริเวณที่โล่งแจ้งที่ห่างจากตัวอาคาร 1.5-2 เมตร และสูงจากพื้นดิน 1.5 เมตร ทำการเก็บตัวอย่างสถานที่ละ 2 ครั้ง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนั้น จำนวนตัวอย่างจุลินทรีย์ภายนอกอาคารของโรงเรียนอนุบาลและศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก เท่ากับ 42 ตัวอย่างและ 18 ตัวอย่าง ตามลำดับ และทำการวิเคราะห์ตัวอย่างเช่นเดียวกับจุลินทรีย์ภายในอาคาร

3. การวิเคราะห์ผล

งานวิจัยครั้งนี้ ใช้สถิติพรรณนาวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราด้วยค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric mean: GM) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Geometric standard deviation: GSD) และเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ภายในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กและโรงเรียนอนุบาลโดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการเก็บตัวอย่างปริมาณแบคทีเรียภายในสถานศึกษาปฐมวัย จำนวน 10 แห่ง พบว่า ปริมาณแบคทีเรียมีค่าเฉลี่ย (GM±GSD) เท่ากับ 574±1.8 CFU/m³ เมื่อจำแนกตามชนิดของสถานศึกษา พบว่า ปริมาณแบคทีเรียภายในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กมีค่าเฉลี่ย (GM±GSD = 853±1.9 CFU/m³) สูงกว่าในโรงเรียนอนุบาล (GM±GSD = 421±2.1 CFU/m³) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าสูงประมาณ 2 เท่า (ตารางที่ 1 และตารางที่ 2) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยแบคทีเรียในภาพรวมและจำแนกตามแต่ละสถานศึกษาปฐมวัย พบว่า ค่าดังกล่าวไม่เป็นไปตามข้อเสนอแนะขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) [9] ได้กำหนดไว้ (แบคทีเรีย < 100 CFU/m³) แต่หากพิจารณาตามข้อเสนอแนะของสำนักงานอนามัย และองค์กรนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมแห่งชาติแห่งประเทศอเมริกา (American Conference of Governmental Industrial Hygienists :ACGIH) [10-11] พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรีย มีเพียงโรงเรียนอนุบาลเท่านั้นที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ข้อเสนอแนะเล็กน้อย (แบคทีเรีย < 500 CFU/m³)

ส่วนปริมาณเชื้อราทั้งหมดในภาพรวมมีค่าเฉลี่ย (GM±GSD) เท่ากับ 49.0 ± 1.8 CFU/m³ เมื่อจำแนกตามสถานศึกษาปฐมวัย พบว่า ปริมาณเชื้อราภายในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กมีค่าเฉลี่ย (GM±GSD = 77.0±2.1 CFU/m³) สูงกว่าในโรงเรียนอนุบาล (GM±GSD = 33.0±1.9 CFU/m³) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าสูงประมาณ 2 เท่า (ตารางที่ 1 และตารางที่ 2) เช่นเดียวกับแบคทีเรีย เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเชื้อราในภาพรวมและจำแนกตามแต่ละสถานศึกษาปฐมวัย พบว่า มีเพียงศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเท่านั้นที่ไม่เป็นไปตาม

ข้อเสนอแนะของ WHO ที่ได้กำหนดไว้ ($< 50 \text{ CFU/m}^3$) แต่หากพิจารณาตามข้อเสนอแนะของสำนักงานอนามัย และ ACGIH [10-11] พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณเชื้อราทั้งภาพรวม และจำแนกตามสถานศึกษาปฐมวัย มีค่าไม่เกินเกณฑ์ข้อเสนอแนะ ($< 500 \text{ CFU/m}^3$)

Thaksin.J., Vol.19 (1) January-June 2016

ตารางที่ 1 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ภายในและภายนอกศูนย์พัฒนาเด็กและโรงเรียนอนุบาล จังหวัดชลบุรี ในช่วงเดือนพฤษภาคม-กันยายน 2555

สถานที่	ปริมาณแบคทีเรีย (CFU/m ³)	ปริมาณเชื้อรา (CFU/m ³)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)		อุณหภูมิ (°C)
	GM±GSD*	GM±GSD	$\bar{x}$ ±SD	$\bar{x}$ ±SD	
ภายในอาคาร	ภาพรวม	574±1.8 (n=200)	49.0±1.8 (n=200)	65.75±7.8 (n=200)	30.12±2.6 (n=200)
	ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก	853±1.9 (n=60)	77.0±2.1 (n=60)	64.22±6.6 (n=60)	29.74±2.8 (n=60)
	โรงเรียนอนุบาล	421±2.1 (n=140)	33.0±1.9 (n=140)	67.10±8.2 (n=140)	31.68±2.1 (n=140)
ภายนอกอาคาร	ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก	123±1.0 (n=18)	70±1.1 (n=18)	-	-
	โรงเรียนอนุบาล	272±1.9 (n=42)	140±1.6 (n=42)	-	-
สัดส่วนของภายในอาคารต่อ ภายนอกอาคาร (I/O)**	ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก	6.9	1.1	-	-
	โรงเรียนอนุบาล	1.5	0.2	-	-

* GM±GSD = ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

** การคำนวณค่า I/O คือ ปริมาณจุลินทรีย์ภายในอาคาร / ปริมาณจุลินทรีย์ภายนอกอาคาร ซึ่ง ACGIH [11] ได้แนะนำว่า ค่า I/O ของจุลินทรีย์ปกติ ควรจะอยู่ที่ 0.3-0.8

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราบริเวณภายในอาคารศูนย์พัฒนาเด็กเล็กและโรงเรียนอนุบาล
ด้วยสถิติทดสอบ Mann-Whitney U test (n=200)

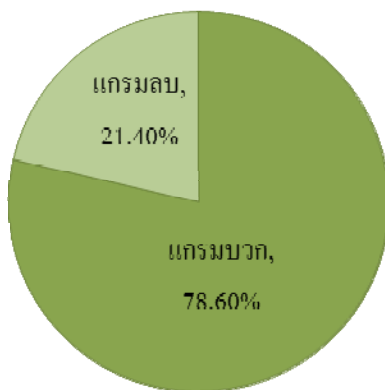
ประเภท	สถานที่	ขนาด ตัวอย่าง (n)	ค่าเฉลี่ย (GM)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (GSD)	ค่าสถิติ Mann-Whitney U test (Sig.)	ผลการ เปรียบเทียบ
แบคทีเรีย	ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก	60	853	1.9	0.001*	แตกต่าง
	โรงเรียนอนุบาล	140	421	2.1		
เชื้อรา	ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก	60	77.0	2.1	0.001*	แตกต่าง
	โรงเรียนอนุบาล	140	33.0	1.9		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

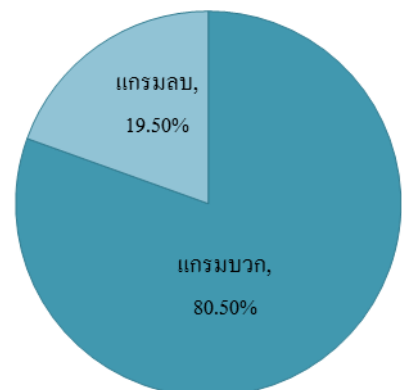
ทั้งนี้จากการที่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรียและเชื้อราในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กมีค่าเกินข้อแนะนำดังกล่าวข้างต้น
เนื่องมาจากส่วนใหญ่ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก 2 ใน 3 แห่ง มีลักษณะเป็นระบบปิดมีการเปิดเครื่องปรับอากาศอย่างต่อเนื่อง
และนานกว่า 6-8 ชั่วโมงต่อวัน และบางแห่งไม่มีพัดลมระบายอากาศ ทำให้มีการระบายอากาศได้น้อย ในขณะที่
โรงเรียนอนุบาล 6 ใน 7 แห่ง เป็นระบบเปิด มีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ซึ่งทำให้ปริมาณจุลินทรีย์น้อยกว่า
ทั้งนี้ในขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างภายในห้องมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามปกติ จำนวนเด็กเล็กภายในห้องในแต่ละ
สถานศึกษา ห้องละ 33-43 คน ทำให้จุลินทรีย์ภายในห้องมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจากจำนวนคน (indoor human
occupancy) และกิจกรรมต่าง ๆ ในห้องเรียน [12-13] เช่น การเดินและการวิ่ง ซึ่งกิจกรรมต่าง ๆ เหล่านี้ ทำให้
เซลล์หรือสปอร์ที่ตกลงบนพื้นหรือพื้นภายในห้องฟุ้งกระจายในอากาศภายในห้องได้ [14] สอดคล้องกับการศึกษา
ของ Jo and Seo [12] พบว่า ในขณะที่มีการเรียนภายในห้องเรียนปริมาณจุลินทรีย์มีมากกว่ากรณีพักช่วงการเรียน
และเหตุผลที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่เพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ คือ สภาพห้องเรียนที่แวดล้อมเต็มไปด้วยต้นไม้ ดินที่ฟุ้งกระจาย
และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เป็นแหล่งกำเนิดเชื้อจุลินทรีย์ที่สำคัญเช่นกัน [15] กอรปกับในขณะที่ทำการเก็บตัวอย่าง
เป็นช่วงฤดูฝน เด็กเล็กบางคนมีการเจ็บป่วยและเป็นไข้หวัด ดังนั้นแหล่งแพร่กระจายแบคทีเรียหลักที่ทำให้มี
ปริมาณเชื้อแบคทีเรียเพิ่มมากขึ้นมาจากการไอและจาม [16] จึงเป็นสาเหตุให้ปริมาณแบคทีเรียมีค่าสูง และยัง
พบว่าสถานศึกษาเหล่านี้ ส่วนใหญ่ไม่มีการจัดพื้นที่เพื่อแยกเด็กที่ป่วย ยังคงให้เด็กที่ป่วยใช้พื้นที่ร่วมกันกับเด็กที่ไม่
ป่วยอีกด้วย

กลุ่มแบคทีเรียภายในอาคารในภาพรวมและจำแนกตามสถานศึกษา พบว่า เป็นแบคทีเรียแกรมบวกมากกว่าแ
กรมลบประมาณ 4 เท่า (ภาพที่ 1) ซึ่งแบคทีเรียแกรมบวกเป็นแบคทีเรียที่พบได้โดยทั่วไปในอากาศ [17] และ มี

ปริมาณมากถึงร้อยละ 60 ของแบคทีเรียทั้งหมด [18] โดยแหล่งที่มาของแบคทีเรียแกรมบวกในอากาศสามารถมาจากการหลุดลอกของผิวหนังและจากสารคัดหลั่งของระบบทางเดินหายใจมนุษย์ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่า ภายในห้องมีคนอยู่จำนวนมากและมีการระบายอากาศไม่เพียงพอ โดยชนิดของแบคทีเรียแกรมบวกที่พบในอากาศมากที่สุดได้แก่ *Micrococcus* spp. *Staphylococcus* spp. *Sarcina* spp. *Corynebacterium* spp. เป็นต้น [19] สำหรับแบคทีเรียแกรมลบบางชนิด เป็นแบคทีเรียที่ส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ และหากพบแบคทีเรียแกรมลบในปริมาณสูง แสดงว่ามีความจำเป็นต้องจำแนกและกำจัดแหล่งที่มาของการปนเปื้อน [20] เมื่อพิจารณาค่าสัดส่วนปริมาณเชื้อแบคทีเรียภายในต่อภายนอกอาคาร (I/O) พบว่า มีค่ามากกว่า 1 อย่างมาก โดยค่า (I/O) ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก และ โรงเรียนอนุบาล เท่ากับ 6.9 และ 1.5 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) แสดงให้เห็นว่า แหล่งกำเนิดของแบคทีเรียมาจากภายในอาคารเป็นสำคัญ ทั้งนี้ ACGIH [11] ได้แนะนำว่า ค่า I/O ของจุลินทรีย์ปกติ ควรจะอยู่ที่ 0.3-0.8



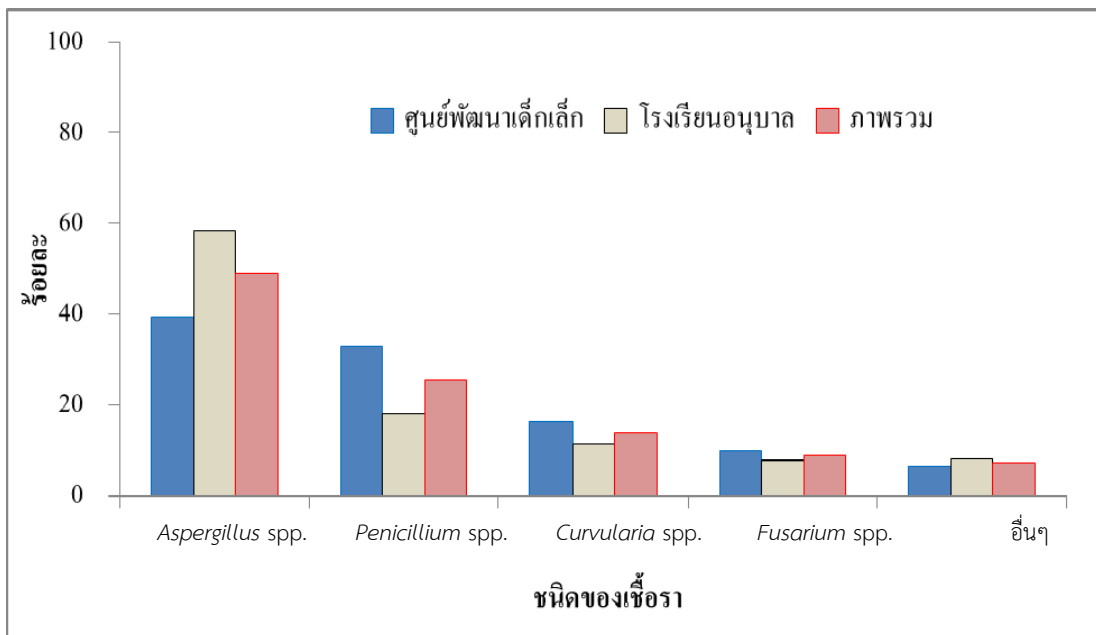
ก. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก



ข. โรงเรียนอนุบาล

ภาพที่ 1 ร้อยละของแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบภายในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กและโรงเรียนอนุบาล

ชนิดของเชื้อราภายในอาคารทั้งภาพรวมและจำแนกตามสถานศึกษาปฐมวัยภายในอาคาร พบว่า เชื้อราที่พบมากที่สุด ได้แก่ *Aspergillus* spp. รองลงมา คือ *Penicillium* spp. (ภาพที่ 2) เช่นเดียวกับชนิดของเชื้อราภายนอกอาคาร ซึ่งเชื้อรา ทั้ง 2 ชนิดนี้ มีแหล่งกำเนิดมาจากดิน อาคารบ้านเรือน เฟอร์นิเจอร์ ต้นไม้และสัตว์เลี้ยง [21] และเมื่อพิจารณาค่าสัดส่วนปริมาณเชื้อราภายในอาคารต่อภายนอกอาคาร (I/O) พบว่า ที่ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก มีค่า I/O เท่ากับ 1.1 (ตารางที่ 1) แสดงให้เห็นว่า แหล่งกำเนิดของเชื้อราภายในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กส่วนใหญ่มาจากภายในอาคารเป็นสำคัญ เช่นเดียวกับเชื้อแบคทีเรีย ในขณะที่ ค่า I/O ของโรงเรียนอนุบาลมีค่าเท่ากับ 0.2 แสดงให้เห็นว่า แหล่งกำเนิดเชื้อรามาจากภายนอกอาคาร



ภาพที่ 2 ร้อยละชนิดของเชื้อราที่พบภายในศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก โรงเรียนอนุบาลและภาพรวม

ในขณะที่ทำการเก็บข้อมูลทางทางจุลินทรีย์ ได้ทำการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในห้องด้วย พบว่า อุณหภูมิภายในอาคารของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ทั้ง 3 แห่ง และโรงเรียนอนุบาลทั้ง 7 แห่ง มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $29.7 \pm 2.8^{\circ}\text{C}$ และ $31.7 \pm 2.1^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า ภายในอาคารของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $64.2 \pm 6.6\%$ และภายในโรงเรียนอนุบาล มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $67.1 \pm 8.2\%$ (ตารางที่ 1) ซึ่งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กและโรงเรียนอนุบาลมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สามารถส่งผลต่อความสะดวกสบายของผู้อยู่อาศัยภายในห้องหรือภายในอาคาร และการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ได้ ถ้าพิจารณาบริเวณที่ส่งผลต่อความสะดวกสบายของผู้ที่อยู่ในอาคาร ASHRAE [22] ได้กำหนดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมกับผู้อยู่อาศัยอยู่ในอาคารและอยู่ได้อย่างสบาย คือ ในฤดูร้อน ภายในอาคารควรมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง $23-26^{\circ}\text{C}$ และ ในฤดูหนาวควรมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง $20-23^{\circ}\text{C}$ ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ควรอยู่ระหว่าง 30-60% ในขณะที่สำนักอนามัย [10] ได้เสนอแนะให้มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง $22.5-25^{\circ}\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60% ซึ่งผลการศึกษานี้พบว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงกว่าข้อแนะนำของ ASHRAE และสำนักอนามัย เล็กน้อยโดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงเรียนอนุบาล เนื่องจากเป็นสถานที่ที่ภายในห้องเรียนไม่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์นั่นเอง ทั้งนี้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ยังส่งผลต่อการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ [23] อีกด้วย ถึงแม้ว่าอุณหภูมิจะไม่ใช่อุปสรรคที่ส่งผลต่อการรอดชีวิตก็ตาม แต่สามารถส่งผลกระทบทางอ้อมซึ่งช่วยในการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศได้ ส่วนความชื้นสัมพัทธ์เป็นปัจจัยที่สำคัญ

ในการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ โดยความชื้นสัมพัทธ์สูงมากกว่า 80% แบคทีเรียมีชีวิตรอดได้ถึง 35-65 เท่า ของความชื้นสัมพัทธ์ที่ 40% [24] เนื่องจากช่วงความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 40-60% เป็นช่วงที่การเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะลดลง [25] สำหรับเชื้อราชนิด *Penicillium* spp. มีความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์ที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ *Aspergillus* spp. ไม่พบความสัมพันธ์ [13] ดังนั้นการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไม่ให้เกิน 60% ทำให้ปลอดภัยจากโรคติดต่อต่างๆ ได้ในระดับหนึ่งด้วย

จากการศึกษาครั้งนี้คุณภาพทางจุลินทรีย์ของสถานศึกษาปฐมวัยยังมีค่าเกินข้อแนะนำของ WHO และยังมีค่าเกินข้อแนะนำของสำนักงานอนามัยและ ACGIH ($< 500 \text{ CFU/m}^3$) โดยเฉพาะศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก และเมื่อพิจารณาค่า I/O มีค่ามากกว่า 1 มาก แสดงให้เห็นว่า ปริมาณจุลินทรีย์มีแหล่งกำเนิดมาจากภายในสถานศึกษามากกว่าภายนอก ดังนั้นการจัดการ ที่แหล่งกำเนิด จึงเป็นสิ่งที่ควรดำเนินการอย่างต่อเนื่องและจริงจัง เช่น การจัดสถานที่แยกสำหรับเด็กป่วย จัดสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้อต่อการเป็นแหล่งของจุลินทรีย์ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ รวมถึงการจัดการให้มีการระบายอากาศที่เพียงพอ เพื่อนำไปสู่การลดการแพร่กระจายของปริมาณจุลินทรีย์ได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา และผู้วิจัยขอขอบคุณห้องปฏิบัติการภาควิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ เจ้าหน้าที่ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กและโรงเรียนอนุบาลที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลตลอดงานวิจัยจนกระทั่งสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] นุชฤดี รุ่ยใหม่. (17 ธันวาคม พ.ศ. 2549). “ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ดัชนีชี้วัดคุณภาพชุมชน”, **มติชน**. 29, ฉบับที่ 10508.
- [2] กิตติ สมานไทย. (8 มกราคม 2553). “เผยศูนย์รับเลี้ยงเด็กเล็ก 90% ต่ำกว่ามาตรฐาน”, **เดลินิวส์**. สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2557, จาก <http://www.dailynews.co.th/article>.
- [3] นภพรณ นันทพงษ์ นิธิมา เคารพครู สุชาติ สุขเจริญ และอังคณา คงกัน. (2551). **การศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสุขลักษณะอาหารในศูนย์เด็กเล็ก**. นนทบุรี: กลุ่มพัฒนาวิชาการและมาตรฐานด้านสุขาภิบาลอาหารกองสุขาภิบาลอาหารและน้ำ กรมอนามัย.
- [4] วีรานุช หลาง. (2551). **จุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [5] นุกูล อิทธิระสังขา. (2551). **วิทยาเชื้อรา**. สงขลา: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- [6] วันทนีย์ พันธุ์ประสิทธิ์. (2555). **สุขศาสตร์อุตสาหกรรม: การประเมินหน่วยที่ 12 การประเมินสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ**. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- [7] Tham, K.W. and Zuraimi, M.S. (2008). Indoor air quality and its determinants in tropical child care center. **Atmospheric Environment**. (42), 2225-2239.

- [8] Aydogdu, H. and Asan, A. (2008). **Airborne fungi in child day-care centers in Edirne City, Turkey.** 147(1-3), 423-44.
- [9] World Health Organization. (1990). **Indoor air quality: biological contaminants.** Report on a WHO meeting. WHO RegPublEurSer, 31, 1-67.
- [10] สำนักอนามัย. (2555). **คู่มือการตรวจรับรองคุณภาพอากาศในอาคาร.** กรุงเทพฯ: บมจ. ศิริวัฒนาอินเตอร์พริ้นท์.
- [11] ACGIH. (1987). "Bioaerosols ; ACGIH Guidelines of assessment and sampling of saprophytic bioaerosols in indoor environment", **Applied Industrial Hygiene.** 2(5), R10-R-16
- [12] Wan-Kuen J. and Young-Jun, S. (2005). "Indoor and outdoor bioaerosols levels at recreation facilities, elementary schools, and home", **Chemosphere.** (61), 1570-1579.
- [13] Scheff, P.A., Paulius, V.K., Curtis, L. and Conroy, L.M. (2000). "Indoor air quality in a middle school, Part II: Development of emission factors for particulate matter and bioaerosols", **Applied Occupational Environment Hygiene.** 15(11), 835-42.
- [14] Buttner, M.P. and Stetzenbach, L.D. (1993). "Monitoring airborne fungal spores in an experimental indoor environment to evaluate sampling methods and the effects of human activity on air sampling", **Applied Environtal Microbiology.** 59(1), 219-26.
- [15] Hargreaves, M., Parappukkaran, S., Morawska, L., Hitchins, J., He, C. and Gilbert, D. (2003). "A pilot investigation into associations between indoor airborne fungal and non-biological particle concentrations in residential houses in Brisbane, Australia", **Science of the Total Environment.** 312, 89-101.
- [16] ศิริลักษณ์ วงษ์วิจิตรสุข. (2553). "อันตรายและการควบคุมจุลินทรีย์ในอากาศภายในโรงงานอุตสาหกรรม", **วารสาร มฉก วิชาการ.** 13(26), 65-80.
- [17] Morey, P., Otten, J., Burge, H., Chatigny, M., Feeley, J., LaForce, F.M. and Peterson, K. (1986). "Airborne viable microorganisms in office environments: sampling protocol and analytical procedures", **Applied Industrial Hygiene.** 1, R19-R23.
- [18] ดวงพร คันธโชติ. (2545). **นิเวศวิทยาของจุลินทรีย์.** กรุงเทพฯ: สำนักงานโอเดียนส์ไตร์.
- [19] เบญจภรณ์ ประภักดี. (2551). **จุลินทรีย์สิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มิสเตอร์ก็อปปี.
- [20] Paul, A.J. and Millie, P.S. (1998). **NIOSH Manual of Analytical Method: Sampling and characterization of bioaerosols.** Retrieved October 10, 2014, from <http://www.cdc.gov/niosh>.

- [21] กนกรัตน์ ศิริพานิชกร. (2538). **ละอองชีวภาพในอากาศและการตรวจวิเคราะห์**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- [22] ACGIH. (1990). **Guidelines for the assessment of bioaerosols in the indoor air environment**. Cincinnati.
- [23] Ren, P., Jankun, T.M., Belanger, K., Bracken, M.B. and Leaderer, B.P. (2001). **The relation between fungal propagules in indoor air and home characteristics**. *Allergy*. 56, 419-424.
- [24] Walter, M.V., Marthi, B., Fieland, V.P. and Ganio, L.M. (1990). **Effect of aerosolization on subsequent bacterial survival**. *Applied Environmental Microbiology*. 56(11), 3468–3472.
- [25] ทรงยศ ภารดี. (2554). **สุขศาสตร์อุตสาหกรรม: การควบคุม หน่วยที่ 7 การควบคุมสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ**. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.