التكييف الصحراوي والحمل الميكروبي بالهواء الداخلي بخيام منى : دراسة حالة

إعداد:

د. عبد الحميد عبد الحميد عوض
قسم البحوث البيئية والصحية
معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة - فرع المدينة المنورة

د. بسام مشاط
قسم البحوث البيئية والصحية
معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة – جامعة أم القرى

الملخص

تهدف الدراسة الى التقييم الكمي و النوعي للتلوث الميكروبي بالهواء الداخلي و الخارجي بمخيمات مشعر منى خلال موسم الحج ١٤٣٣هـ، و تحديد دور التكييف الصحراوي على الحمل الميكروبي بالهواء الداخلى. تم تجميع عينات الهواء باستخدام جهاز اندرسون ذات الطابقين والذى يقسم الجسيمات العالقة الى مستنشقة (اقل من ٨ ميكروميتر) و غير مستنشقة (اكبر من ٨ ميكروميتر)، تم تجميع الفطريات والبكتيريا والاكتينوميسيتات على منابت شبيكس دوكس اجار و الاجار المغذى والنشا-كازين، على التوالى، و باستخدام مضخة هواء بقوه ١٧ لتر/دقيقة. تباينت تركيزات الكائنات الدقيقة من خيمة الى اخرى دون وجود اختلاف احصائى ذو دلالة ($P \geq 0.05$). كانت تركيزات البكتيريا اعلى "١-٢" مره بالهواء الخارجى عن الهواء الداخلى، بينما كانت تركيزات الفطريات و الاكتينوميسيتات اعلى بالهواء الداخلي عن الخارجي. كان معدل تركيزات الكائنات الدقيقة بالبيئة الداخلية الى الخارجية I/O (Indoor/outdoor ratio) ٠,٦٨ للبكتيريا و ١,٢ للفطريات، و ١,٧٧٨ للاكتينوميسيتات. شكلت الكائنات الدقيقة ذات الاحجام اقل من ٨ ميكروميتر نسب تراوحت بين ٦٠-٩٠٪، تراوح المؤشر العالمي للتلوث الميكروبيGlobal index of microbial contamination "GIMC/m^3" بين ١٢٩٣- ٦٩٧٦ مستعمرة/م^3 بالهواء الداخلى و ١٦٧٦-٩٢٠٥ مستعمرة/م^3 بالهواء الخارجى، بينما تراوح معامل التكبير" amplification index "بين ٠,٢٤- ١,٨٥. رصدت البكتيريا و الفطريات و الاكتينوميسيتات فى الليف المبطن للتكيف الصحراوى بمتوسط تركيزات ٩٧٣١ و ٩١٠٨ مستعمرة/جرام، على التوالي. كانت مجموعة الاسبرجليس هى الاكثر انتسارا، وتم رصد الفطريات التى تستخدم كدليل لارتفاع الرطوبة وارتشاح المياه بالهواء بالبيئة الداخلي. كان معامل الاتفاق ٠,٥٨ و ٠,٦٨ بين الفطريات المعزولة من الهواء بالبيئة الداخلية الى 10^6

الخارجية، و الهواء بالبيئة الداخلية الى الليف المبطن للتكييف، على التوالى. تلقى هذه الدراسة الضوء على الملوثات الميكروبية بالبيئة الداخلية و التى تلعب دورا فى المشاكل الصحية، و دور التكييف الصحراوي فى التلوث الميكروبي والتى يجب ان يتم صيانته قبل موسم الحج.

الخلفية العلمية

البيوايروسولات هى الجسيمات الناتجة من المصادر البيولوجية و العالقة فى الهواء، ويزداد التعرض لها فى الاماكن المزدحمة والمغلقة (Law et al., 2001) و هناك علاقة بين صحة الانسان والتعرض للبيوايروسولات (Toivola et al., 2004) و لا تتوفر قاعدة بيانات عن الملوثات الميكروبية نظرا لطبيعتها المعقدة من حيث تواجدها كمجموعات من الميكروبات و صعوبة التجميع والتحليل وطرق التعرض وتقييم المخاطر. تنتشر البيوايروسولات فى البيئة الخارجية والداخلية، و تنبعث من العديد من المصادر الطبيعية و صنع الانسان (Raisi et al., 2013).

مصادر البيوايروسولات بالبيئة الداخلية قد تكون طبيعية او مؤقتة او جزء من انشطة المبنى (Jones and Harrison, 2004, Chen and Hildemann, 2009)، وبعض هذه الجسيمات قد تكون ضاره بالصحة لذلك يجب السيطرة عليها (ACGIH, 1999). تتواجد البكتيريا دائما بالبيئة الداخلية و تنتمى الى الفلورا المرتبطة بالانسان (Noble, 1969)، ومعظم البكتيريا بالبيئة الداخلية طبيعية لاتسبب الامراض، ولكن خطر التعرض يزداد فى البيئة المزدحمة او الغير ملائمة (IOM, 1993). و تتواجد الفطريات فى الهواء و تسبب امراض المناعة و الحساسية (Burch and Levetin, 2002, O'Gorman and Fuller, 2008)، و هناك علاقة بين التعرض للفطريات و التهابات الجهاز التنفسى و اعراض الربو و الحساسية خصوصا فى المبانى التى تعانى من الرطوبة المرتفعة (Husman, 1996)، و يعتبر Penicillium Aspergillus, Alternaria من الفطريات المنتشرة عالميا و المسببة لامراض الجهاز التنفسى (Golofit-Szymczak and Gorney, 2010)، و تنتج بعض الفطريات السموم الفطرية Mycotoxins والتى تسبب السرطان و الطفرات الجينية (Bennett and Klick, 2003). وجدت علاقة بين التعرض لفطر Aspergillus flavus وسرطات اللوكيميا (YU et al., 2004) و وجود فطر Fusarium, Stachybotrys بالبيئة الداخلية يتطلب ايجاد خطة عاجلة لادارة و تقييم المخاطر. الاكتينوميسيتات من الملوثات البيولوجية فى اماكن العمل، و تستخدم كمؤشر للتلوث فى المبانى الرطبة وهى لا تنتمى الى الفلورا الطبيعية بالبيئة الداخلية، و لكنها توجد فى المبانى التى تعانى اما زياده فى الرطوبة او العفن الفطرى (Cole et al., 1994)

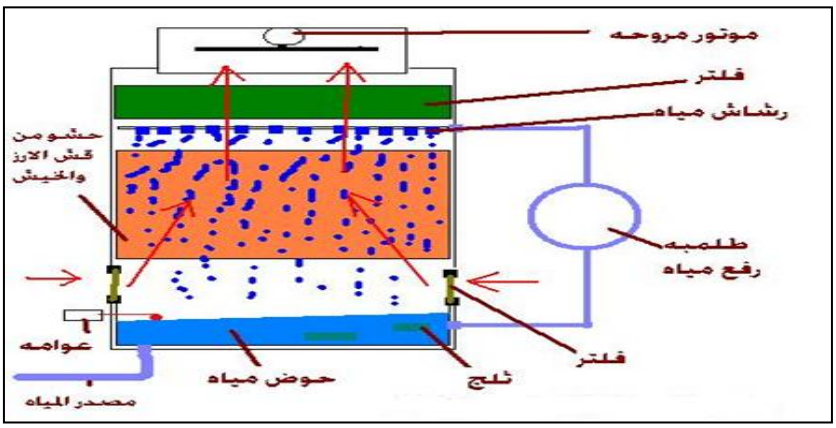
هناك العديد من الدراسات التى اهتمت بدراسة الكائنات الدقيقة فى الهواء الداخلي و الخارجي كالمستشفيات (Fleischer et al., 2006) و المدارس (Aydoghu et al., 2005) واماكن العمل (Lacey and Dutikewicz, 1994) و المنازل السكنية (Shelton et al., 2002 و Abdel Hameed et

al., 2013)، حيث ان النمو الميكروبي بالبيئة الداخلية يسبب المشاكل الصحية المرتبطة بالمبنى Sick building syndrome (Lacey and Crook, 1988, Peccia et al., 2011).

يرتبط التلوث الميكروبى فى البيئة الداخلية بمستويات الرطوبة humidity و المياه moisture و المواد المختلفة المكونة للمبنى. المياه و الرطوبة من العناصر التى تساعد على نمو وتكاثر الكائنات و انبعاثها الى الهواء تحت تاثير العوامل الفيزيائية و الميكانيكية (Ritschkoff et al., 2000)، و تنمو معظم الكائنات الدقيقة بصورة جيدة عند مستوي رطوبة اعلى من ٦٥٪ (Pasanen et al., 2000). تعتبر انظمة التهوية و التكييف من اهم مصادر التلوث الميكروبي بالبيئة الداخلية، حيث انها بيئة مناسبة للنمو و فى نفس الوقت تساعد على انتشارها، و هناك الكثير من الشكاوي المسجلة على سوء جودة الهواء بالبيئة ذات التهوية الميكانيكية بالمقارنة بالبيئة ذات التهوية الطبيعية (Zweers et al., 1992). و تعتبر مكونات التكييف"كالفلاتر السليلوزية واللفائف والمواد المسامية porous materials و احواض التجميع و المرطبات humidifiers" مواد مناسبة لنمو وتكاثر الكائنات الدقيقة (Hansen, 1999)، واثبتت الدراسات ان الكائنات الدقيقة "خصوصا الفطريات" تستعمر المواد المسامية و فتحات التهوية والمرطبات باجهزة التكييف (Price et al., 1994,).

المشكلة

يتم تبريد مخيمات منى باستخدام التكييف الصحراوي (شكل ١) و الذى يعمل على تبريد تيار الهواء "التبريد التبخيري" عن طريق سحب الحرارة من الاجسام الحارة، بواسطة تلامس تيّار من الهواء الحار و الجاف مع الماء، حيث يمتص الماء بالقش المبطن للتكييف الصحراوي الحرارة من تيار الهواء عندما يمر من خلالها، و بالتالى يقلّل من درجة حرارة الهواء الجاف، ايضا يحتوى التكييف الصحراوى على الكثير من الخزانات اللازمة لنمو الكائنات الدقيقة والتى تؤدى الى نمو و تكاثر الميكروبات.



شكل ١. كروكى للتكييف الصحراوى

الهدف من الدراسة

تهدف هذه الدراسة الى تقييم جودة الهواء الداخلي من الناحية الميكروبية بخيام منى خلال موسم الحج ١٤٣٣هـ، من خلال ١) تقييم تركيزات البكتيريا و الفطريات و الاكتينوميسيتات بالهواء الداخلي والخارجي، ٢) تعريف الكائنات الدقيقة مع القاء الضوء على الكائنات الخطرة خصوصا الفطريات المنتشرة بالبيئة الداخلية، ٣) دراسة دور التكييف الصحراوى على زيادة الحمل الميكروبى كميا و نوعيا.

منهجية العمل

تم اجراء هذه الدراسة بعدد ٨ خيمة تم تكوديها: A و B و Cو D و E و F و G و H بمشعر منى، تستخدم التكييف الصحراوى فى التبريد داخل الخيام، وتختلف الخيام من حيث عدد الحجاج ونوعيتهم و المكان، وان كانت تقع فى المنطقة القريبة من جسر رمي الجمرات. تم تجميع العينات من الهواء الداخلي والخارجي من منتصف الخيمة و ١-٣ متر خارج الباب الرئيسي للخيمة فى الهواء العام، على التوالى، و على ارتفاع ١,٥ متر من سطح الارض.

تجميع العينات

تم تجميع العينات فى الفترة من الظهر الى الساعة الثامنة مساءا، باستخدام جهاز Andersen 2 stage ماركة TE-10-160 المصنوع فىTisch Environmental Claves , USA، يعمل الجهاز على تقسيم الجسيمات العالقة بالهواء الى جسيمات مستنشقة (اقل من ٨ ميكروميتر) و غير مستنشقة (اكبر من ٨ ميكروميتر)، تم سحب الهواء باستخدام مضخة سحب الهواء بقوة ١٧ لتر /الدقيقة، لمدة تراوحت بين ٣-٤ دقائق. تم تجميع البكتيريا على منبت الاجار المغذي، و الفطريات على شبيكس دوكس اجار و الاكتينوميسيتات على النشا-كازين اجار (Hi-media, Mumbai, India)، تم تجميع ٢ عينة من الهواء الداخلي والخارجي عند كل خيمة، تم تحضين الاطباق على درجة حرارة ٢٨ درجة مئوية لمده ٤٨ ساعة للبكتيريا، و ٥-٧ و ٧-١٤ يوم للفطريات و للاكتينوميسيتات، على التوالى، تم عد المستعمرات الميكروبية و تصحيحها باستخدام Positive hole correction tables (Andersen, 1958)، و حساب التركيز بالمستعمرة/م^{٣} من الهواء (CFU/m^3). تم تعين تركيزات الدلائل السابقة فى الليف المبطن للتكييف والمياه الخارجة باستخدام المنابت السابقة، وتم تعيين التركيزات بالمستعمرة للجرام و للمليلتر، على التوالى.

تعريف البكتيريا والفطريات

تم تعريف عزلات البكتيريا حسب الشكل المورفولوجي وباستخدام صبغة جرام واختبارات الاوكسيديز Oxidase و الكادليز Catalase، تم تقسيمها الى موجبة و سالبة لجرام لمستوي الجنس فقط. تم تعريف الفطريات على اساس مميزاتها المورفولوجية و شكل الابواغ باستخدام

الميكروسكوب الضوئى، تم تعريف بعض الانواع الى مستوى النوع، باستخدام المراجع العالمية، لم يتم تعريف الاكتينوميسيتات.

معدلات اتفاق النسبة Agreement ratio

تم استخدام معادلة معدل اتفاق النسب لتحديد الارتباط بين أنواع العزلات البكتيرية والفطرية المتواجدة فى الهواء الداخلي والخارجي (Macher, 1999).

مؤشر التلوث الميكروبي Microbial –contamination index

تم حساب التلوث الميكروبي باستخدام: ١) المؤشر العالمى للتلوث الميكروبى ($GIMC/m^3$) ، و هو مجموع تركيزات الدلائل الميكروبية بالهواء الداخلى والخارجى عند كل خيمة، و ٢) مؤشر معامل التكبير (AI) وهو عبارة عن معدل المؤشر العالمى للتلوث الميكروبى فى البيئية الداخلية الى الخارجية (Dacarro et al., 2005).

التحليل الاحصائي

استخدمت التحاليل الاحصائية الوصفية الملائمة "المتوسط و الانحراف المعيارى و الوسيط و Percentiles، ايضا تم استخدام اختبار مان ويتنى لحساب الاختلاف الاحصائى للدلائل الميكروبية بالهواء الداخلى و الخارجى ($P\leq$ ٠,٠٥).

النتائج والشرح

جدول ١ . التركيزات الكلية للدلائل الميكروبية (مستعمرة/م^3) فى الهواء الداخلي والخارجي بخيام منى

المتغير	البكتيريا		الفطريات		الاكتينوميسيتات	
	الهواء الداخلى	الهواء الخارجى	الهواء الداخلى	الهواء الخارجى	الهواء الداخلى	الهواء الخارجى
المدى	-١٠٦٢.٧ ٦٣٩٩	-١٤٥٨.٨ ٨٥٤٧	-٧٨.٨ ٧٨٨.٢	-٣٩.٦ ٥٤١.٢	-٥٨.٨ ٤٨٢.٣	-٣٢.٢ ٥١٩.٦
المتوسط±الانحراف المعياري	٢٤٩٧ ± ١٩٤٩	٤٤٧٥.٩± ٢٦٢٢	٢٣٤.٧±٢٦٢	٢٣١.٢± ١٦٦.٦	٠.٢٨٩± ١٧٦.٦٧	١٩٥.٤± ١٦٤.٤
25^{th}	١٣٦٧.٦	٢٥١٢.٧	١٢٧.٤	١٢٧.٦	١٠٧.٨	٤٦
الوسيط	١٥٤٩.٩	٣٩٨٨	١٧٧.٤	١٥٦.٨٦	٣٣٩.٢	١٧٨.٤
75^{th}	٣٣٣٨.٢	٦٣٩٩.٩	٢٩٨.٩	٣٤٨	٤٤١	٢٧٨
الوسيط لمعدل الهواء الداخلى الى الخارجى I/O	٠.٦١٨		١.٢		١.٧٨	

رصـدت البكتيريـا الكليـة بمتوسـط تركيـزات ٢٤٩٧ مسـتعمرة/م^{٣} بـالهواء الـداخلي و ٤٤٧٥.٩ مسـتعمرة/م^{٣} بـالهواء الخـارجي، و الفطريـات بمتوسـط ٢٦٢ مسـتعمرة/م^{٣} بـالهواء الـداخلى، و ٢٣١.١٧ مسـتعمرة/م^{٣} بـالهواء الخـارجي، فـى حـين رصـدت الاكتينوميسـيتات بمتوسـط ٢٨٩.٧ مستعمرة/م^{٣} بالهواء الداخلى و ١٩٥.٤ مستعمرة/م^{٣} بالهواء الخارجي (جدول ١).

تركيزات الدلائل الميكروبية حسب الاقطار الايروديناميكية

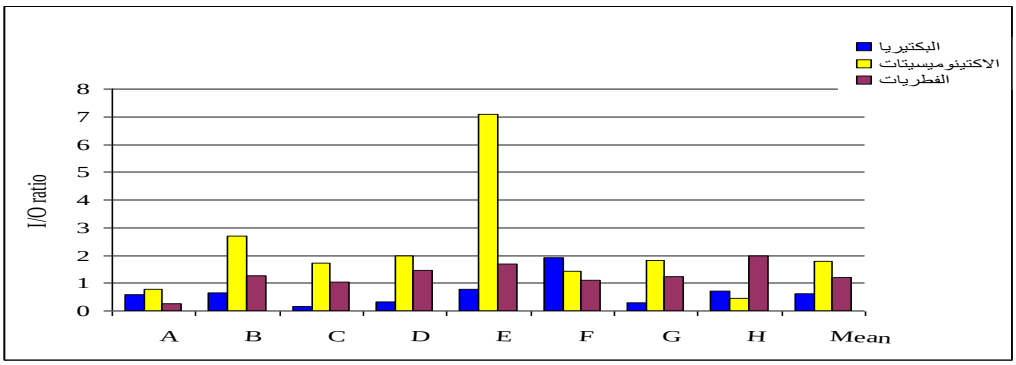
رصدت البكتيريا بمتوسط تركيـزات ١٤٧٥.٩ و ١٠٢٠.٨ مسـتعمرة/م^{٣} للاحجـام اقـل و اكبـر مـن ٨ ميكروميتر، على التوالي بالهواء الداخلي، و ١٧٧٤.٥ و ٢٧٠١.٤ مستعمرة/م^{٣} للاحجـام اقـل و اكبـر من ٨ ميكروميتر، على التوالى بالهواء الخارجي (جـدول ٢)، كانـت تركيـزات البكتيريـا فـى ٧٥٪ مـن الخيـام المختبـرة اقـل عـن ١٨٣٥.٣ مسـتعمرة /م^{٣} للاحجـام اقـل مـن ٨ ميكروميتـر و ١٦٦٤.٧ مستعمرة /م^{٣} للاحجام اكبر من ٨ ميكروميتـر فـى الهـواء الـداخلى، و اقـل مـن ٢٣٢٤.٥ و ٣٨١٣.٦ مستعمرة/م^{٣} للاحجام اقل و اكبر من ٨ ميكروميتر، على التوالى بالهواء الخارجى (جدول ٢).

رصـدت الفطريـات بمتوسـط تركيـزات ٢٠٠ و ٦١,٥ مسـتعمرة/م^{٣} للاحجـام اقـل و اكبـر مـن ٨ ميكروميتـر بـالهواء الـداخلى، و ١٧٤ و ٥٩ مسـتعمرة/م^{٣} لـنفس الاحجـام، علـى التـوالى بـالهواء الخارجى. شكلت الفطريات ذات الاقطار اقل من ٨ ميكروميتـر نسـب تراوحـت مـا بـين ٥٠-٩٠٪ مـن الاعـداد الكليـة بـالهواء الـداخلى، و ٥٠-٨٧٪ بـالهواء الخـارجي. رصـدت الاكتينوميسـيتات بمتوسـط تركيزات ٢٤٥.٦ و ٤٤.١ مستعمرة/م^{٣} فى الهـواء الـداخلي للاحجـام اقـل و اكبـر مـن ٨ ميكروميتـر، على التوالى، و ١٥٤.٨ و ٤١.٩ مستعمرة/م^{٣} للاحجام اقل و اكبـر مـن ٨ ميكروميتـر، علـى التـوالى، فى الهواء الخارجى، شكلت الاكتينوميسيتات ذات الاحجام اقل من ٨ ميكروميتر النسبة الاعلـى حيث تراوحت ما بين ٦٦-٨٧.٨٪ بالهواء الداخلى، و ٥٠- ٩٢.٩٪ بالهواء الخارجى.

جدول ٢. تركيزات الـدلائل الميكروبيـة للاحجـام اقـل و اكبـر مـن ٨ ميكروميتـر فـى الهـواء الـداخلى والخارجى

الدليل الميكروبى	مستعمرة/م^3			
	الهواء الداخلى		الهواء الخارجى	
	اقل من ٨ ميكروميتر	اكبر من ٨ ميكروميتر	اقل من ٨ ميكروميتر	اكبر من ٨ ميكروميتر
البكتيريا				
المدى	٦٥٤.٩ - ٣٦٨٦.٣	١٧٨.٤ - ٢٧١٣.٧	٦٣٣.٣ - ٤١٠٥.٨	٦٥٤.٩ - ٦٣٩٤.١
المتوسط± الانحراف المعيارى	١٠٢٩±١٤٧٥.٩	٩٨١.٩±١٠٢٠.٨	١١٢٠.٩±١٧٧٤.٥	١٩٠١.٥±٢٧٠١.٤
25th	٧٨٢.٣	٣٨٢.٣	١٠٩٣.٩	١٢٨٨.٢
الوسيط	١١١٥.٧	٥٩٠.٢	١٣٠٩.٧	٢١٧٩.٤
75th	١٨٣٥.٣	١٦٦٤.٧	٢٣٢٤.٥	٣٨١٣.٦
الفطريات				
المدى	٣٩ - ٥٩٠.٢	١٩.٦ - ١٩٨	٣٩.٦ - ٤٠١.٩	١٩.٦ - ١٣٩
المتوسط± الانحراف المعيارى	١٨٣.٦±٢٠٠	٥٩±٦١.٥	١٢٦±١٧٤	٤٨.٥±٥٩
25th	٧٨.٤	١٩.٦	٨٨	٢٥٩.٨
الوسيط	١٤٨	٤٩	١٢٨.٤	٣٩
75th	٢٥٩.٨	٦٨.٦	٢٥٩.٨	٩٨
الاكتينوميسبيتات				
المدى	٣٩ - ٤٢٣.٥	١٩.٦ -٥٨.٨	١٩.٦ -٣٤١	١٩.٦ -١٧٨
المتوسط± الانحراف المعيارى	١٥٧.٩±٢٤٣.٦	٢٠.٣±٤٤	١٢١±١٥٤.٨	٥٥.٦±٤١.٩
25th	٨٨	١٩.٦	٢٩	١٩.٦
الوسيط	٢٨٠	٥٨.٨	١٥٨.٨	١٩.٦
75th	٣٨٢	٥٨.٨	٢٤٩	٢٩

معدل التركيز بالهواء الداخلى الى الخارجى Indoor/ outdoor ratio(I/O)



شكل ٢: معدلات تركيزات الدلائل الميكروبية فى الهواء الداخلى الى الخارجى I/O ratios

تراوحت معدلات تواجد البكتيريا بالبيئة الداخلية الى الخارجية ما بين ٠.١٥ - ١.٢٩ و بوسيط ٠.٦١٨ ، اما الفطريات فقد تراوحت بين ٠.٢٤٨ - ٢ و بوسيط تجاوز ١ "١,٢"، و الاكتينوميسيتات بمعدلات تراوحت بين ٠.٥٥ - ٧.١ و بوسيط ١.٧٨، دليل على وجود مصدر للتلوث الفطرى والاكتينوميسيتات بالبيئة الداخلية (شكل ٢).

تعتبر البيئة الخارجية من اهم الخزانات reservoirs والمكبرات amplifiers والناشرات disseminators للكائنات الحية الدقيقة (Burge, 1995)، و الخيام بمشعر منى يتم تهويتها ميكانيكيا باستخدام التكييف الصحراوى وطبيعيا ايضا، و البيوايروسولات"الجسيمات الناتجة من مصادر بيولوجية العالقة فى الهواء" فى البيئة الداخلية تتشابه مع البيئة الخارجية، حيث تعكس تقريبا نفس التركيزات والانواع، اما فى حالة وجود مصادر تلوث داخلية فان التركيزات والانواع قد تزيد عن البيئة الخارجية (Brunekreef et al., 1989).

التعرض للكائنات الدقيقة فى البيئة الداخلية يمكن تناولها وتفسيرها باستخدام: ١) معدلات التركيزات بالبيئة الداخلية الى الخارجية، ٢) مقارنة الانواع بالبيئة الداخلية و الخارجية، و ٣) دراسة وجود الدلائل الميكروبية، و فى هذه الدراسة تم حساب معدل التركيزات بالبيئة الداخلية الى الخارجية للتحقق من وجود مصدر للتلوث الميكروبى بالبيئة الداخلية، حيث تساعد التهوية الطبيعية على دخول البيوايروسولات من البيئة الخارجية الى الداخلية، وعلى ذلك فان المعدل تقريبا "١"، اما فى حالة وجود انظمة التهوية الميكانيكية(التكييف) فدخول الكائنات ليس بالسهولة، وبذلك يقل المعدل عن "١"، و فى حالة عدم وجود مصادر تلوث ميكروبى بالبيئة الداخلية فترتفع المعدل عن"١". تعتبر البكتيريا جزء جوهرى من مكونات الهواء لارتباطها بالانسان وانشطته و معدل التهوية (Burge, 1995) و من الطبيعى ان توجد بمعدل اعلى فى البيئة الخارجية (جدول ١)، اما الفطريات والاكتينوميسيتات فقد رصدت بمعدلات اعلى من "١" وان اختلفت من خيمة الى اخرى، و ذلك مؤشر على وجود مصادر للتلوث بالبيئة الداخلية (Ensign, 1978)، الاكتينوميسيتات قليلة فى

الهواء بالبيئة الداخلية و الخارجية، و تواجدها بالبيئة الداخلية يعتبر مؤشرا على وجود مصادر تلوث داخلية (ACGIH,1999)، و التكييف الصحراوى خزان ملائم لنمو وتكاثر الفطريات والاكتينوميستات.

مؤشرات التلوث الميكروبي

تراوح المؤشر العالمى للتلوث الميكروبي بين ١٢٩٣,٢-٦٩٧٦,٤ مستعمرة/م^{٣} و ١٦٧٦- ٩٢٠٥,٨ مستعمرة /م^{٣} بالهواء الداخلي و الخارجي، على التوالى، بينما تراوح مؤشر التكبير بين ٠,٢٤ - ١,٨٥ (جدول ٣)، لم يرصد اختلاف احصائى ذو دلالة بين الحمل الميكروبى بالهواء الداخلي والخارجي عند كل الخيام المختبرة ($P>0.05$).

جدول ٣: مؤشرات التلوث الميكروبي فى الهواء الداخلي والخارجي بخيام مشعر منى

نوع البيئة	GIMC/m^3		AI	
	المدى	المتوسط ⊙ الانحراف المعيارى	المدى	المتوسط ⊙ الانحراف المعيارى
الداخلية	-١٢٣٩.٢ ٦٩٧٦.٤	١٩٧٥.٨⊙٣٠٤٨.٢	١.٨٥-٠.٢٤٢	٠.٥⊙٠.٧٤٤
الخارجية	٩٢٠٥.٨-١٦٧٦	٢٨٣٥⊙٤٩٠١.٥		

الدلائل الميكروبية في التكييف الصحراوي

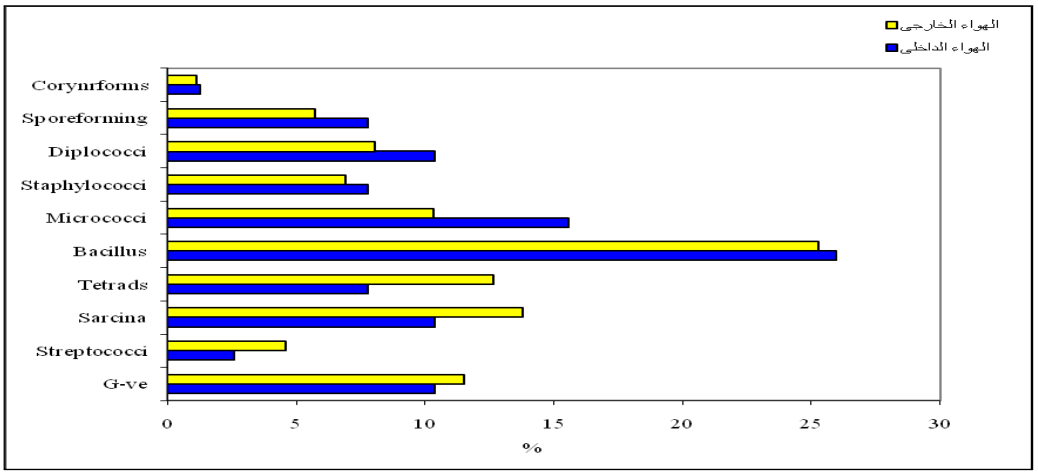
يوضح جدول ٤ متوسط تركيزات البكتيريا و الفطريات و الاكتينوميسيتات فى الليف المبطن و المياه بالتكييف الصحراوى. رصدت البكتيريا والفطريات والاكتينوميسيتات بمتوسط تركيزات ١,٥٥٩,٩٨٩ و ٩٧٣١,٧ و ٩١٠٨,٢ مستعمرة / للجرام من الليف، على التوالي، و ١٠٣٧٨ و ٥٠ و ١٠٠ مستعمرة / للملليلتر من المياه الخارجة، للدلائل السابقة على التوالى. تم حساب معدل الحمل للدلائل الميكروبية فى الهواء الى المصدر (الليف و المياه)، حيث كانت ٠,٠٦ و ٠,٠٢١ للفطريات والاكتينوميسيتات، على التوالى، بالنسبة لليف المبطن للتكييف، و ٢٩,٢ و ٣ للدلائل السابقة بالنسبة المياه. الليف"و المياه ليس لهما تاثير واضح على الحمل البكتيرى و انما كان التاثير علي الفطريات والاكتينوميسيتات (جدول ٣).

جدول ١ .متوسط تركيزات الدلائل الميكروبية فى مكون التكييف و الحمل الميكروبى بالهواء الى المصدر

مكون التكييف	الحمل بالمصدر			الحمل بالهواء الداخلى مستعمرة/م^{٣}			معدل الحمل بالهواء الى المصدر		
	البكتيريا	الفطريات	الاكتينو ميسيتات	البكتيريا	الفطريات	الاكتينو ميسيتات	البكتيريا	الفطريات	الاكتينو ميسيتات
الليـــــــف/ مستعمرة/جم	١,٥٥٩٩ ٨٩	٩٧٣١	٩١٠٨	١٤٦٠	٥٩٥	٣٠٠	٠,٠٠٠٩	٠,٠٦	٠,٠٢١
الميـــــــاه /مســـــتعمرة مليليتر	١٠٣٧٩	٥٠	١٠٠	١٤٦٠	٥٩٥	٣٠٠	٠,١٤	٢٩,٢	٣

تعريف البكتيريا و الفطريات

شكلت البكتيريا السالبة لجرام نسب ١٠,٤٪ و ١١,٥٥٪ من العزلات الكلية للبكتيريا بالهواء الداخلي و الخارجي، على التوالى، اما البكتيريا الموجبة لجرام (Firmicutes) شكلت ّ٩٠٪، لم يتم تعريف البكتيريا السالبة لجرام بينما تم تعريف البكتيريا الموجبة لجرام (شكل ٣)، البكتيريا العصوية كانت الاكثر انتشارا حيث شكلت ّ٢٥-٣٠٪ بالهواء الداخلى والخارجى، اما Micrococci فكانت الاكثر انتشارا بالهواء الداخلى.

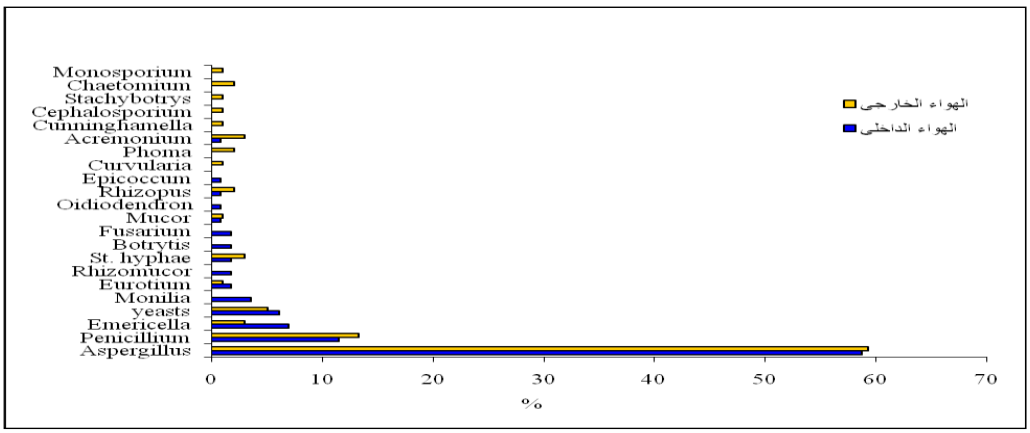


شكل ٣ . انواع و نسب البكتيريا المعرفة بالهواء الداخلى والخارجى

مجموعة البكتيريا الموجبة لجرام كانت الاكثر انتشارا،و اكدت الدراسات ان بكتيريا Micrococci الاكثر انتشارا فى البيئة الداخلية (Flannigan et al., 1991) حيث ان Micrococci و Staphylococci مرتبطه بالجلد shed skin scales (Chen and Hildemann, 2009) و البكتيريا الموجبة لجرام

توجد فى البيئات المغلقة و وجودها دليل على عدم التهوية الجيده (ACGIH, 1989)، اما البكتيريا العصوية من الكائنات المقاومة للعوامل البيئية و هى منتشرة بالبيئة الداخلية و الخارجية و دائما تكون ملتصقة او معلقة مع الاتربة، و وجودها مؤشر على ان البيئة متربه "dusty". و جود البكتيريا السالبة لجرام فى مخيمات مشعر منى تشير الى وجود مصادر غير عادية، كالتلوث البرازى الذى ينبعث مع الراذاذ الناتج من المراحيض او نتيجة لتسرب بدورات المياه او وجود مياه راكده.

تم تعريف ٢١١ عزلة من الفطريات تنتمى الى ٢٣ جنس (شكل ٤)، كان فطر الاسبرجليس هو الاكثر انتشارا، تم رصد Curvularia, Cunninghamella, Phoma, Monosporium, Chaetomium, Stachybotrys, Cephalosporium بالهواء الخارجي فقط، بينما Botrytis, Monilia, Rhizomucor, Epicoccum, Oidiodendron,Fusarium, بالهواء الداخلي (شكل ٤).



شكل ٤: انواع ونسب الفطريات المعزولة من الهواء الداخلى والخارجى

بالنسبة للفطريات المعزولة من الليف المبطن للتكييف الصحراوي، كان Aspergillus niger الاكثر انتشارا، ايضا تم رصد Sterile hyphae, yeasts, , Penicillium, Eurotium , Aspergillus flavus, Rhizopus, Aspergillus sydowii, Aspergillus fumigatus, Emericella

كان معامل الاتفاق بين انواع الفطريات المعزولة من الهواء الداخلي و الخارجي ٠,٥٨ بينما كان ٠,٦٥ بين الانواع المعزولة من الهواء الداخلى و الليف المبطن للتكييف دليل على ان الليف المبطن للتكييف الصحراوى يلعب دورا ايجابيا فى اعداد وانواع الفطريات بالهواء الداخلى. بعض انواع الفطريات تستخدم كدلائل لزياده الرطوبة او وجود تسرب للمياه فى المبانى، كالفطريات المنتجة للسموم الفطرية و الغير سائدة فى البيئة الداخلية. انواع الفطريات بالبيئة الداخلية والخارجية متشابهة فى حال اذا كانت البيئة الخارجية هى المصدر (AAAAI, 1996)، وفى هذه الدراسة تم رصد بعض انواع الفطريات المحبة للرطوبة العالية ومنها Emericella, Eurotium, Aspergillus

versicolor, Aspergillus ustus, Stachybotrys, Acremonium,Yeasts، و يتاكد ذلك مع (Horner et al., 2004) حيث قسم الفطريات إلى ٣ مجموعات من الناحية الايكولوجية: ١) فطريات الغلاف النباتى Phylloplane مثل Cladosporium و Curvularia و Alternaria، ٢) فطريات التربة Soil fungi وتشمل Penicillium و Paecilomyces و Aspergillus و ٣) فطريات مؤشرات المياه Water indicator fungi وتشمل فطر Chaetomium و Stachybotrys و Ulocladium و تعيش على المواد ذات water activity العالية. تم رصد فطر Epicoccum و هو من الانواع التى تستعمر فلاتر التكييف (Hoekstra et al., 1994)، وجود Stachybotrys دليل على الرطوبة الزائده وهى من الفطريات التى تستعمر الشقوق cracks و تحتاج الى تيارات قوية لينبعث الى الهواء، اما وجود Eurotium, Aspergillus, Penicillium فمؤشر على زياده محتوى المياه بالبيئة الداخلية (Lacey, 1980, Andersen et al., 2011)، فى هذه الدراسة لم يتم تعريف الاكتينوميسيتات، و تتراوح احجام جراثيمها بين ١-٢ ميكروميتر، وتتميز برائحة التراب dusty odor، و تسبب امراض الحساسية (Prazmo et al., 2003, Taha et al., 2007).

شكلت الاحجام الايروديناميكية اقل من ٨ ميكروميتر ٧٠-٩٠ ٪ من الاعداد الكلية للدلائل الميكروبية، مما يزيد من فرصه اختراقها الجهاز التنفسى العلوى وصولا الى الحويصلات الهوائية، مسببة التهابات الجهاز التنفسى و الحساسية المفرطة. ليس هناك علاقة بين طبيعة و موقع الخيمة وتركيزات الجسيمات اقل من ٨ ميكروميتر، و التكييف يلعب دورا فى منع الجسيمات اكبر من ٨ ميكروميتر، لان به طبقة من الليف وفلاتر سليلوزية، و تتاكد نتائج هذه الدراسة مع Pastuszka واخرون (٢٠٠٠) والذى وجد ان الجسيمات المستنشقة تشكل ٥٠ ٪ للبكتيريا و ٧٠٪ للفطريات، بينما وجد Abdel Hameed and Gibbs (٢٠١٠) ان البكتيريا و الفطريات تشكل ٦٣٪ و ٨٤٪، على التوالى من التركيزات الكلية للميكروبات بالهواء الداخلى للمنازل بمصر.

و بمقارنة النتائج فى هذه الدراسة بالمعايير العالمية (ACGIH, 1989 و WHO, 1988) ومع بعض العلماء مثل(Godish, 1991 و Yang et al.,1993) . جودة البيئة الداخلية بخيام مشعر منى تتراوح بين المتوسطة الى الشديدة التلوث، مع رصد بعض الكائنات المنتجة للسموم الفطرية وارتفاع معدل تركيزات الفطريات والاكتينوميسيتات بالهواء الداخلى الى الخارجى عن ١ دليل على وجود مصدر للتلوث بالبيئة الداخلية والتى تحتاج الى فحص لكل مكوناتها.

تغيير المناخ و التكييف و جوده الهواء الميكروبي

فى المناطق الحارة الجافة يعتمد توفير بيئة داخلية مريحة على اجهزة التكييف ، و مع ارتفاع درجة حرارة الارض Global warming و تغيير المناخ و العمل على ترشيد استهلاك الطاقة قد يكون لها اثار على تكييف الهواء و التى تتركز اما فى التخلى عن اجهزة التكييف نظرا للاستهلاك الكبير

للطاقة و تكلفة تشغيلها العالية، او عدم الصيانة الجيدة و التى تؤدى الى زيادة معدلات الرطوبة والنمو الفطرى والعفن. و تشير التقارير بان انظمة التكييف تستهلك حوالى ٥٠٪ من الطاقة المتولدة (Roaf et al., 2009). فى المملكة العربية السعودية يستخدم جزء كبير من الطاقة فى تشغيل اجهزة التكييف نظرا لطبيعة المناخ الحار طول العام. وكما ذكرنا سابقا فان معدلات الاعراض المرضية والشكاوى المرتبطة بالمبانى المكيفة اعلى من المبانى ذات لتهوية الطبيعية لان انظمة التكييف تعمل على زيادة الرطوبة التى تزيد من النمو الفطرى والميكروبى المسبب للمشاكل الصحية، حيث وجود المياه و زيادة الرطوبة و فى وجود الاوساخ و الاتربة تعتبر بيئة صالحة للنمو الفطرى (Mendell et al., 2008)، و بسبب تغيير المناخ وتكاليف الطاقة المتزايدة يجب العمل على تصميم اجهزة التكييف تصميما جيدا و العمل على الصيانة الدائمة التى تساعد على تشغيلها بكفاءة توفيرا للطاقة والتحكم فى مستويات الرطوبة منعا للنمو الميكروبى المتزايد فى البيئة الداخلية نتيجة لارتفاع درجة حرارة الكون.

الخلاصة

١. رصدت البكتيريا بتركيزات أعلى ١-٢ مرة في البيئة الخارجية مقارنة بالبيئة الداخلية، بينما الاكتينوميسيتات والفطريات بتركيزات أعلى في البيئة الداخلية بالمقارنة بالخارجية.

٢. اظهرت مؤشرات التلوث الميكروبي ان الحمل الميكروبي داخل وخارج الخيام مرتفع، وشكلت الاحجام اقل من ٨ ميكروميتر نسبة ٦٠-٨٥٪ من اجمالي التركيزات الكلية.

٣. معدلات الفطريات و الاكتينوميسيتات بالبيئة الداخلية الى الخارجية > ١ بينما < ١ بالنسبة للبكتيريا.

٤. رصدت البكتيريا السالبة لجرام بنسبة ١٠٪ بالبيئة الداخلية و الخارجية و وجودها دليل على وجود مياه راكده.

٥. نسبة الاتفاق بين انواع الفطريات بالليف مع الهواء الداخلي كانت اعلى من نسبة اتفاق انواع الفطريات بالهواء الخارجي مع الهواء الداخلي، و التكييف الصحراوي يعتبر الخزان الرئيسي لانتشار الفطريات والاكتينوميسيتات بالبيئة الداخلية، و الاكتينوميسيتات من الملوثات البيولوجية التى تستخدم كمؤشر للتلوث في المباني الرطبة .

التوصيات

الفحص والتفتيش البصرى للمرشحات التى تتعرض للرطوبة والمياه بالتكييف الصحراوى.

فحص وتنظيف انابيب التهوية من الاتربة العالقة قبل موسم الحج، و معالجة الفلاتر والليف المبطن للتكييف الصحراوى لمنع وتقليل النمو الميكروبى باستخدام بعض المضادات الميكروبية مثل: Phosphate quaternary amine complex (PQ) و Silane quaternary amine (SQ)

منع تسرب المياه من التكييف الصحراوى الى البيئة الخارجية و طلاء احواض التجميع بدهانات مانعة للنمو الميكروبى.

السيطرة على العوامل التى تساعد على نمو الميكروبات تبعا ل (ASHRAE, 2009): الحد من مستويات الرطوبة الى اقل من ٦٠٪، ازالة اى مواد ملوثة بعناية، تقليل وجود المواد المسامية الحفاظ على المخيمات نظيفة وصحية بالسلوك الشخصى السليم

المراجع

AAAAI, 1996. Aeroallergen monitoring network, annual report. American Academy of Allergy, Asthma and Immunology, Milwaukee, WI.

Abdel Hameed AA, Gibbs S, 2010. Assessment and modeling of the potential public health impact of rural and urban residential indoor bioaerosols in Egypt, Project No 428, Academy of Scientific research and Technology, Egypt.

Abdel Hameed AA, Gibbs SG, Tarwater PM, Casillas ME, Green CF, 2013. Seasonal evaluation of fine and coarse culturable bacterial aerosols from residences within a rural and an urban city in Egypt. International Journal of Environmental Health Research, 10 (3), 936–949.

ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists Bioaerosol Committee, 1989. Guidelines for the Assessment of Bioaerosols in the Indoor Environment; ACGIH: Cincinnati, Ohio, USA.

ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1999. Bioaerosols: assessment and control, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, Ohio.

Andersen AA, 1958. New sampler for the collection, sizing and enumeration of viable airborne particles. J. Bacteriol., 76, 471-484.

Andersen B, Frisvad JC, Søndergaard Ib, Rasmussen IbS, Larsen LS, 2011. Associations between fungal species and water-damaged building materials. Applied and Environmental Microbiology 77, 4180-4188.

Aydoghu H, Asan A, Otkum MT, Ture M, 2005. Monitoring of fungi and bacteria in the indoor air of primary schools in Edirne city, turkey. Indoor Built Environ., 14 (50), 411-425.

Bennett J W, Klick M, 2003. Mycotoxins. Clin. Microbiol. Rev., 16, 497–516.

Brunekreef B, Dockery CW, Speizer FE, Water JH, Spengler JD, Ferris BG, 1989. Home dampness and respiratory morbidity in children. American Review of Respiratory Disease, 140, 1363–1367.

Burch M, Levetin E, 2002. Effect of meteorological conditions on spore plumes. Int. J. Biometeorol., 46, 107-117.

Burge AH, 1995. Bioaerosols in the residential environment. In Bioaerosol Handbook. C.S. Cox and C.M. Wathes, eds, Lewis Pub., Boca Raton.

Chen, Q, Hildemann, LM. 2009. The effects of human activities on exposure to particulate matter and bioaerosols in residential homes. Environ. Sci. Technol. 43: 4641–4646.

Cole EC, Foarde KK, Leese KE, Green DA, Franke DL, Berry MA, 1994. Assessment of fungi in carpeted environments, p. 103–128. In RA Samson, B Flannigan, ME Flannigan, AP Verhoeff, OCG Adan, and E S Hoekstra (ed.), Health implications of fungi in indoor environments. Air quality monographs, vol. 2. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

Dacarro C; Grisoli P; Del Frate G; Villani S; Grignani E, Cottica D, 2005. Microorganisms and dust exposure in an Italian grain mill. J. Appl. Microbiol., 98 (1), 163-171.

Ensign JC, 1978. Formation, properties and germination of actinomycete spores. Annul Rev. Microbiol., 32, 185–219.

Flannigan B, McCabe EM, McGarry F, 1991. Allergenic and toxigenic microorganisms in houses. Journal of Applied Bacteriology 70 (suppl), 61-73.

Fleischer M, Bober-Gheek B, Bortkiewicz O, Rusiecka-Ziolkowskaa J, 2006. Microbiological control of airborne contamination in hospitals. Indoor and Built Environment, 15, 53-56.

Godish T, 1991. Indoor Air Pollution Control; Lewis Publishers: Chelsea, Michigan, USA, 1991.

Gołofit-Szymczak M, Górny RL 2010. Bacterial and fungal aerosols in air-conditioned office buildings in Warsaw, Poland—The winter season. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics , 16, (4), 465–476.

Hansen DL, 1999. Indoor Air Quality Issues. Taylor and Francie, 29 West 345th Street, NY 10001-2299, USA.

Hoekstra ES, Samson RA, Verhoeff AP, 1994. Fungal propagules in house dust: a qualitative analysis. In Health Implication of Fungi in Indoor Environments. Amsterdam: Elsevier, Science B.V., pp 169-177.

Horner WE; Worthan AG, Morey PR, 2004. Air- and dustborne mycoflora in houses free of water damage and fungal growth. Appl. Environ. Microbiol., 70 (11), 6394-6400.

Husman T, 1996. Health effects of indoor air microorganisms. Scand J. Work Environ Health, 22, 5-13.

IOM, 1993. Agents, sources, source controls and diseases. In indoor allergies: assessing and controlling adverse health effects, pp 86-130. AM Pope, R Patterson, HA Burge, Eds. Institute of Medicine, Washington DC.

Jones AM, Harrison RM, 2004. The effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentrations— a review. Science of the Total Environment, 326, 151–180.

Lacey J, 1980. The microflora of grain dusts. In: JA Dosman, DJ Cotton (eds), Occupational Pulmonary Disease: focus on grain dust and health (pp 189-200), London: Academic press Inc.

Lacey J, Dutkiewicz J, 1994. Bioaerosols and occupational lung disease. J Aerosol Sci., 25, 1371-1404.

Law AKY, Chau CK, Chan GYS, 2001. Characteristics of bioaerosol profile in office buildings in Hong Kong. Built Environ., 36, 527-541.

Macher JM, 1999. Data analysis: In: Bioaerosols: assessment and control. ACGIH, Cincinnati, OH 45240-1634, USA

Mendell MJ, Lei-Gomez Q,. Mirer AG,. Seppänen O, Brunner G, 2008. Risk factors in heating, ventilating, and air-conditioning systems for occupant symptoms in US office buildings: the US EPA BASE study. Indoor Air;18, 301–316.

Miller JD; Laflamme AM; Sobol Y; Lafontaine P; Greenhalgh R, 1988. Fungi and fungal products in some Canadian houses. Int. Biodeter., 24,103-120.

Noble WC, 1969. Skin carriage of the Micrococcaceae. J Clin Pathol.; 22 (3), 249–253.

O'Gorman CM, Fuller HT. 2008. Prevalence of culturable airborne spores of selected allergenic and pathogenic fungi in outdoor air. Atmospheric Environment, 42, 4355–4368

Pasanen AL, Rautiala S, Kasanen J-P, Raunio P, Rantamaki, J, Kalliokoski P, 2000. The relationship between measured moisture conditions and fungal concentrations in water-damaged building materials. Indoor Air, 11, 111-120

Pastuszka JS, Paw TKU, Lis OD, Wlazlo A and Ulfig K, 2000. Bacterial and fungal bioaerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland. Atmos Environm., 34, 3833-3842.

Peccia J, Hospodsky D, Bibby K. 2011. New directions: a revolution in DNA sequencing now allows meaningful integration of biology with aerosol science. Atmos Environ. 45, 1896-1897.

Prazmo Z; Krysińska-Traczyk E; Skórska C; Sitkowska J; Cholewa G, Dutkiewicz J, 2003. Exposure to bioaerosols in a municipal sewage treatment plant. Ann. Agric. Environ. Med., 10 (2), 241-248.

Price DL, Simmons RB, Ezeonu IM, Crow SA, et al., 1994. Colonization of fiberglass insulation used in heating, ventilation and air conditioning systems. J. Ind. Microbial., 13, 154-158.

Raisi L, Aleksandropoulou V, Lazaridis M, Katsivela E, 2013. Size distribution of viable, cultivable, airborne microbes and their relationship to particulate matter concentrations and meteorological conditions in a Mediterranean site. Aerobiologia, 29, 233–248

Roaf, S, Crichton D, Nicol F, 2009. Adapting Buildings and Cities For Climate Change, 2nd Edition, Elsevier, Amsterdam.

Ritschkoff A, Viitanen H, Koskela K, 2000. The response of building materials to the mold exposure at different humidity and temperature conditions. Proceedings of health buildings, 3, 317-322.

Shelton GB, Kirkland HK, Dana Flanders W, Morris KG, 2002. Profiles of airborne fungi in buildings and outdoor environments in the United States. Appl. Environm. Microbiol., 68 (4) 1743-1753.

Taha MPM, Drew GH, Tamer Vestlund A, Aldred D, Longhurst PJ, Pollard SJT, 2007. Enumerating actinomycetes in compost bioaerosols at sources use of soil compost agar to address plate masking. Atmospheric Environment 41, 4759– 4765.

Toivola M, Nevalainen A, Alm S, 2004. Personal exposure to particles and microbes in relation to microenvironmental concentrations. Indoor Air; 14, 351-359.

WHO, World Health Organization, 1988. Regional Publications European Series, No. 31: Indoor Air Quality: Biological Contaminants; Report on a WHO Meeting; WHO: Copenhagen, Denmark.

Yang CS; Hung L.-L; Lewis FA; Zampiello FA, 1993. Airborne fungal populations in non-residential buildings in the United States" Proceedings of the 6th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, 4:219-224.

Yu J, Whitelaw CA, Nierman WC, Bhatnagar D, Cleveland TE, 2004. Aspergillus flavus expressed sequence tags for identification of genes with putative roles in aflatoxin contamination of crops. FEMS Microbiol. Lett., 237, 333–340.

Zweers T, Preller L, Brunekreef B, Boleij J, 1992. Health and Indoor Climate complaints of 7043 office workers in 61 buildings in the Netherlands. Indoor Air 2, 127-136 .