

Justyna Skóra
Katarzyna Zduniak
Beata Gutarowska
Daria Rembisz

SZKODLIWE CZYNNIKI BIOLOGICZNE NA STANOWISKACH PRACY W MUZEACH

HARMFUL BIOLOGICAL AGENTS AT MUSEUM WORKPOSTS

Politechnika Łódzka, Łódź
Instytut Technologii Fermentacji i Mikrobiologii

STRESZCZENIE

Wstęp: Celem badań było określenie poziomu i rodzaju zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza oraz powierzchni w pomieszczeniach muzealnych o różnej specyficy gromadzonych zbiorów. Ponadto zaproponowano kryteria wyboru wskaźników zanieczyszczenia szkodliwymi czynnikami biologicznymi na stanowiskach pracy w muzeach. **Materiał i metody:** Analizę zanieczyszczenia mikrobiologicznego przeprowadzono w 14 pomieszczeniach muzealnych (magazynach, pracowniach konserwatorskich, sali wystawowej). Czystość mikrobiologiczną powietrza oznaczano przy użyciu próbnika MAS-100 Eco Air Sampler. Próby z powierzchni zostały pobrane na płytki odciskowe RODAC Envirocheck®. Identyfikację bakterii i drożdży wykonano z użyciem testów biochemicznych API. Grzyby zdiagnozowano na podstawie kluczy taksonomicznych, na podstawie oceny makro- i mikroskopowej grzybni. **Wyniki:** Poziom zanieczyszczenia mikrobiologicznego w muzeach był zróżnicowany i wynosił od $2,1 \times 10^2$ do $7,0 \times 10^3$ jtk/m³ w powietrzu oraz od $1,4 \times 10^2$ do $1,7 \times 10^4$ jtk/100 cm² na powierzchniach. Mikroorganizmami dominującymi były grzyby strzępkowe, które stanowiły odpowiednio 18–98% i 23–100% wszystkich wyizolowanych drobnoustrojów z badanych miejsc i powierzchni. Stwierdzono, że liczebność grzybów w powietrzu pomieszczeń Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego oraz Muzeum Tradycji Niepodległościowych wynosiła odpowiednio: $4,2 \times 10^2$ jtk/m³ i $1,4 \times 10^4$ jtk/m³, co oznacza, że znacznie przekraczała zalecaną wartość referencyjną – $2,0 \times 10^2$ jtk/m³. **Wnioski:** Biorąc pod uwagę częstotliwość izolacji szczepów, źródło drobnoustrojów oraz szkodliwość zdrowotną dla ludzi, wyodrębniło 10 gatunków grzybów, które można przyjąć jako wskaźniki zanieczyszczenia szkodliwymi czynnikami biologicznymi na stanowiskach pracy w muzeach. Są to grzyby: *Aspergillus* (*A. niger*, *A. versicolor*), *Cladosporium* (*C. herbarum*, *C. macrocarpum*), *Penicillium* (*P. carneum*, *P. digitatum*, *P. italicum*, *P. paneum*, *P. polonicum*), *Rhizopus nigricans*. Med. Pr. 2012;63(2):153–165

Słowa kluczowe: czynniki biologiczne, stanowiska pracy, muzeum, powietrze wewnętrzne, grzyby strzępkowe

ABSTRACT

Background: The aim of the studies was to determine the level and kind of microbiological contamination of air and surfaces in museum premises with various collection specificities. In addition, the criteria for selecting indicators of contamination with harmful biological agents at museum workposts are proposed. **Material and Methods:** The analysis of microbial contamination was carried out in 14 museum premises (storehouses, restoration workshops, exhibition hall). Microbiological air purity was measured with a MAS-100 Eco Air Sampler. Surface samples were collected using contact plates RODAC Envirocheck®. Biochemical API tests were used to identify bacteria and yeasts. Fungi were diagnosed with taxonomic keys, based on macro- and microscopic mycelia assessment. **Results:** The levels of microbiological contamination in museums varied and ranged from 2.1×10^2 to 7.0×10^3 cfu/m³ in the air and from 1.4×10^2 to 1.7×10^4 cfu/100 cm² on surfaces. The dominant microorganisms were fungi, which accounted respectively for 18–98% and 23–100% of all isolates from tested sites and surfaces. It was found that the amount of fungi in the indoor air of the Museum of Archeology and Ethnography and the Museum of Independence Traditions equaled respectively 4.2×10^2 cfu/m³ and 1.4×10^4 cfu/m³, which means that they exceeded the recommended reference value of 2.0×10^2 cfu/m³. **Conclusions:** Having analyzed the frequency of strain isolation, the source of microorganisms and the hazard to human health, 10 fungal species were isolated, which may be regarded as indicators of contamination with harmful biological agents at museum workposts. They are: *Aspergillus* (*A. niger*, *A. versicolor*), *Cladosporium* (*C. herbarum*, *C. macrocarpum*), *Penicillium* (*P. carneum*, *P. digitatum*, *P. italicum*, *P. paneum*, *P. polonicum*), *Rhizopus nigricans*. Med Pr 2012;63(2):153–165

Key words: biological agents, workposts, museum, indoor air, fungi

Adres autorek: Instytut Technologii Fermentacji i Mikrobiologii, Politechnika Łódzka,
ul. Wólczańska 171/173, 90-924 Łódź, e-mail: justyna-skora@wp.pl
Nadesłano: 2 lutego 2012
Zatwierdzono: 27 lutego 2012

WSTĘP

Zagrożenia czynnikami biologicznymi są aktualnym problemem, na który zwraca się uwagę w medycynie pracy i wielu gałęziach gospodarki. W związku z dyrektywą 2000/54/WE Parlamentu Europejskiego oraz Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z 22 kwietnia 2005 r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki w literaturze przedmiotu od kilku lat obserwuje się wzrost zainteresowania zanieczyszczeniem mikrobiologicznym (1–3). Dotyczy to głównie obiektów związanych z gospodarką ściekową, rolnictwem i przemysłem spożywczym. Z kolei zagrożenie zawodowe mikroorganizmami występuje również w innych miejscach pracy, w których liczebność drobnoustrojów jest znaczna, zwłaszcza tam, gdzie znajduje się zanieczyszczony mikrobiologicznie materiał roślinny, zwierzęcy i techniczny. Narażenie zawodowe występuje m.in. w trakcie prac z zapleśniałym materiałem technicznym, np. podczas przechowywania, konserwacji i czyszczenia zbiorów muzealnych.

W powietrzu pomieszczeń muzealnych (magazynów, pracowni konserwatorskich) źródłem zanieczyszczeń biologicznych mogą być porażone rozwojem mikroorganizmów materiały i eksponaty, ale również zawilgoczone i zainfekowane przegrody budowlane, powietrze przenikające przez systemy wentylacyjno-klimatyzacyjne, a także ludzie. W sprzyjających warunkach mikroklimatu (wilgotność względna powyżej 65% i temperatura pokojowa) obiekty zabytkowe zasiedlane są przez drobnoustroje mogące powodować ich biodeteriorację (4–6). Z punktu widzenia ochrony zasobu muzealnego najbardziej niebezpieczne są grzyby wytwarzające liczne enzymy i produkty kwaśne. Niszczeniu łatwo ulegać mogą tkaniny, papier, skóra, pergamin, drewno, powłoki malarskie (6,7). W zależności od gatunku mikroorganizmu i rodzaju materiału objawy rozkładu są różne. Najczęściej rozwój mikroorganizmów objawia się zaplamieniami lub przebarwieniami widocznymi na powierzchni, a także zapachem spowodowanym intensywnym wzrostem pleśni oraz promieniowców (4,6,7). Ponadto obserwuje się zmiany właściwości fizycznych i chemicznych materiału, które powodują jego częściowe lub całkowite zniszczenie (5).

W przypadku eksponatów muzealnych straty powodowane aktywnym rozwojem mikroorganizmów mogą być ogromne i nieodwracalne. Świadczą o tym niektóre doniesienia literaturowe dotyczące zanieczyszczenia mikrobiologicznego w muzeach (8–10).

Jak wynika z badań prowadzonych na świecie, liczba bakterii w tego rodzaju pomieszczeniach kształtuje się na poziomie od 5×10^1 do 3×10^3 jtk/m³ powietrza (8,9). W polskich obiektach muzealnych (pomieszczenia Pałacu w Wilanowie) poziom bioaerozolu bakteryjnego także zawierał się w tym zakresie i tworzony był głównie przez rodzaje: *Micrococcus*, *Sarcina*, *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Serratia*, *Actinomyces* i *Streptomyces* (10).

Liczebność grzybów w powietrzu w muzeach włoskich, belgijskich i kubańskich mieściła się w zakresie od $1,0 \times 10^0$ do $1,4 \times 10^3$ jtk/m³ (8,9,11). Zanieczyszczenie powietrza grzybami strzępkowymi w pomieszczeniach muzealnych Zamku Królewskiego na Wawelu i Pałacu w Wilanowie było na poziomie od $5,0 \times 10^0$ do $3,5 \times 10^3$ jtk/m³ (10,12). Najczęściej izolowanymi grzybami ze środowiska muzealnego były rodzaje: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus* i *Trichoderma*.

Pewna część mikroorganizmów izolowanych z pomieszczeń muzealnych to również mikroorganizmy mogące niekorzystnie wpływać na organizm ludzki (7). Występowanie podwyższonej liczby bakterii pogarsza stan sanitarny powietrza i u osób z obniżoną odpornością może wywoływać różne rodzaje infekcji. Osoby zawodowo przebywające w pomieszczeniach, gdzie liczebność grzybów jest wysoka, a przede wszystkim gdzie ich skład jakościowy jest mało zróżnicowany, narażone są na reakcje alergiczne, mikotoksykozy i grzybice (7,13). Choroby alergiczne przejawiają się alergicznym nieżytem błony śluzowej nosa, astmą oskrzelową, a także alergicznym zapaleniem pęcherzyków płucnych (AZPP) (14,15). Wiele grzybów występujących w powietrzu i na materiale technicznym (np. *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*, *A. versicolor*, *Fusarium gramineum*, *F. sporotrichoides*, *F. moniliforme*, *Penicillium expansum*, *P. chrysogenum*, *P. brevicompactum*, *Stachybotrys chartarum*) ma właściwości toksynotwórcze (17). Mikotoksyny oraz lotne metabolity grzybów, takie jak etylooctan, butanol oraz krótkołańcuchowe alkohole i aldehydy, rozpatrywane są przez wielu autorów jako czynniki etiologiczne jednostki chorobowej zwanej zespołem chronicznego zmęczenia (chronic fatigue syndrome) (16–18). Stwierdzono także, że drobnoustroje występujące w zanieczyszczonym mikrobiologicznie powietrzu mogą być przyczyną zespołu „chorego” budynku (sick building syndrome).

Warto podkreślić, że kiedy grzyby uznawane za nieszkodliwe dla zdrowia ludzi w miejscu pracy (zgodnie z klasyfikacją przyjętą przez Confederation of Medical Mycology oraz wykazem szkodliwych czynników bio-

logicznych dołączonym do Rozporządzenia Ministra Zdrowia z 2005 r.) występują w dużej liczbie, przy długotrwałym narażeniu mogą negatywnie wpływać na zdrowie pracownika (7,19). Jak wykazała Wiszniewska (20), wśród 103 pracowników Muzeum Narodowego w Warszawie 30% osób było uczulonych na grzyby. Wiedza na temat liczby mikroorganizmów występujących w powietrzu oraz związków przyczynowo-skutkowych między danymi wartościami a efektem zdrowotnym jest nadal niewystarczająca i ma jedynie charakter przesłanek.

Aby można było przygotować normę prawną określającą dopuszczalne stężenie bioaerozolu oraz określić mikroorganizmy wskaźnikowe w różnego rodzaju pomieszczeniach, potrzebne są wnikliwe i szerokie badania (20–22). Program tych badań powinien obejmować: monitorowanie poziomu zanieczyszczenia mikrobiologicznego w obiektach muzealnych, kontrolę rodzaju mikroorganizmów obecnych w powietrzu pomieszczeń muzealnych, a także poszerzenie wiedzy dotyczącej skutków narażenia zdrowotnego pracowników muzealnictwa na szkodliwe czynniki biologiczne. Istotne jest także wytypowanie drobnoustrojów wskaźnikowych, których obecność w pomieszczeniach muzealnych dawałaby szybką informację o stopniu zanieczyszczenia i potencjalnym zagrożeniu zdrowotnym dla pracowników.

CEL PRACY

Celem badań było określenie poziomu i rodzaju zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza oraz powierzchni w pomieszczeniach muzealnych o różnej specyfice gromadzonych zbiorów. Ponadto przedstawiono kryteria wyboru oraz skalę oceny wskaźników zanieczyszczenia szkodliwymi czynnikami biologicznymi na stanowiskach pracy w muzeach. Zaproponowano też dalsze kierunki badań.

MATERIAŁ I METODY

Charakterystyka pomieszczeń muzealnych

Analizę zanieczyszczenia mikrobiologicznego wykonano w 14 pomieszczeniach znajdujących się w: Centralnym Muzeum Włókiennictwa w Łodzi, Muzeum Archeologicznym i Etnograficznym w Łodzi, Muzeum Tradycji Niepodległościowych w Łodzi i Muzeum Narodowym w Warszawie. W badanych obiektach określono temperaturę i wilgotność, używając higrometru PWT-401 (Elmetron, Polska). Charakterystykę badanych pomieszczeń z ich przeznaczeniem zamieszczono w tabeli 1.

Metody poboru prób z powietrza i powierzchni

Czystość mikrobiologiczną powietrza oznaczano przy użyciu próbnika MAS-100 Eco Air Sampler (Merck, Niemcy). Pobrano 50 l i 100 l powietrza na podłoże MEA (Malt Extract Agar, Merck, Niemcy) z chloramfenikolem (0,1%) do oznaczenia ogólnej liczby grzybów i na podłoże TSA (Tryptic Soy Agar, Merck, Niemcy) z nystatyną (0,2%) do oznaczenia ogólnej liczby bakterii. Próby powietrza zostały pobrane w 3–4 miejscach w każdym pomieszczeniu w 2 powtórzeniach. Próby z powierzchni zostały pobrane przy użyciu płytek odciskowych RODAC Envirocheck® (Replicate Organism Detection and Counting, Merck, Niemcy) z podłożem TSA z neutralizatorami (bakterie) i podłożem Sabouraud (Merck, Niemcy) (grzyby). W przypadku wysokiej kontaminacji powierzchni do badań użyto tradycyjnej metody tamponowej, stosując sól fizjologiczną (0,85% NaCl), tampony i metalowe ramki o powierzchni 25 cm². Próby z powierzchni zostały pobrane w 3–5 miejscach w każdym pomieszczeniu w 2 powtórzeniach.

Określenie liczby drobnoustrojów w powietrzu i na powierzchniach

Próby inkubowano w 30°C przez 48 godzin (bakterie) i w 27°C przez 5 dni (grzyby). Po inkubacji policzono wyrosłe kolonie, a uzyskany wynik, z uwzględnieniem objętości pobranego powietrza i powierzchni badanego obiektu, przeliczono odpowiednio jako jtk/m³ i jtk/100 cm². Za wynik końcowy przyjęto średnią arytmetyczną wszystkich powtórzeń w danym miejscu.

Identyfikacja mikroorganizmów

Uzyskane w wyniku posiewu redukcyjnego czyste kultury bakteryjne scharakteryzowano makroskopowo, a następnie przeprowadzono badania wybranych cech diagnostycznych: barwienie Grama, test na katalazę, test na oksydazę (Microbiologie Bactident Oxydase, Merck, Niemcy). Następnie dla bakterii, których częstość występowania była większa niż 25%, przeprowadzono testy API (BioMérieux, Francja): API 50 CH test, API STAPH test i API 20 NE test. Drożdże diagnozowano przy użyciu testu API C AUX.

Identyfikację grzybów strzępkowych przeprowadzono na podstawie obserwacji makro- i mikroskopowych szczepów hodowanych na pożywce CYA (Czapek Yeast Extract Agar, Difco, USA) oraz YES (Yeast Extract with Supplements, Merck, Niemcy), korzystając z kluczy taksonomicznych (23,24).

Tabela 1. Opis pomieszczeń muzealnych
Table 1. Characteristics of the examined premises

Instytucja Institution	Typ budynku (data powstania) Building type (century of its establishment)	Pomieszczenie Premise	Kubatura Cubature [m ³]	Srednia temperatura Average temperature [°C (SD)]	Srednia wilgotność względna Average relative humidity [% (SD)]	Przeznaczenie pomieszczenia Premise destination
Centralne Muzeum Włókiennictwa / Central Museum of Textile	kompleks budynków klasykistycznych (XIX w.) / Complex of classical buildings (19th century)	- pracownia konser- watorska nr 1 / resto- ration workshop no. 1 - pracownia konser- watorska nr 2 / resto- ration workshop no. 2 - magazyn nr 1 / / storehouse no. 1	300 1 200 1 215	19,5 (3,8)	29,0 (3,6)	- pranie, suszenie i wstępna naprawa tkanin / washing, drying and preliminary textile repair - naprawa tkanin / textile repair
Muzeum Tradycji Niepodległościowych, Oddział Martyrologii Radogoszcz / Museum of Independence Traditions, Martyrdom Department Radogost	budynek więzienia radogoskiego (XX w.) / Radogost prison building (20th century)	- magazyn nr 2 / / storehouse no. 2 - magazyn nr 1 / / storehouse no. 1 - magazyn nr 2 / / storehouse no. 1 - magazyn nr 2 / / storehouse no. 2 - magazyn nr 3 / / storehouse no. 3	456 281 220 52	19,0 (1,0)	41,0 (3,6)	- dział technik włókienniczych („Brama”) – gromadzi maszyny (drewniane, stalowe) do przerobu włókna, głównie bawełny i lnu / department of textile technology (“Gateway”) – collects machines (wood, steel) for processing of fibers, mainly cotton and linen - magazyn tkanin zabytkowych – zbiór tkanin na drewnianych i stalowych regałach / / antique textiles storehouse – a collection of textiles on wooden and steel racks - zbiór obrazów na suwnicach, broni (mieczy, strzelb, pistoletów) / collection of paintings on gantries, weapons (swords, rifles, pistols) - zbiór flag, banerów zgromadzonych w drewnianych komodach / collection of flags, banners gathered in wooden dressers - zbiór flag, banerów zgromadzonych w drewnianych komodach, rzeźb / collection of flags, banners gathered in wooden dressers, sculptures
Muzeum Archeologiczne i Etnograficzne / Museum of Archeology and Ethnography	XX w. / 20th century	- magazyn nr 1 / / storehouse no. 1 - magazyn nr 2 / / storehouse no. 2 magazyn nr 3 / / storehouse no. 3	310 1 362 60	13,3 (3,1)	39,7 (4,7)	- magazyn mebli, dział plastyki ludowej – zbiór drewnianych mebli, rzeźb / furniture storehouse, department of folk art – collection of wooden furniture, sculptures - dział gospodarstwa i przemysłu wiejskiego – zbiór materiałów takich jak: drewno, wiklina, żelazo pochodzące najczęściej z II poł. XIX i XX w. / section of farm and rural industry – collection of materials such as wood, wicker, iron, derived mostly from the second half of the 19th and 20th centuries - magazyn kultur afrykańskich – pomieszczenie dwuczściowe, zbiór ubrań, masek, broni, rzeźb / storehouse for African cultures – two part premises, collection of clothing, masks, weapons, sculptures
Muzeum Narodowe / National Museum	modernistyczny nowy gmach (XX w.) / Modernist new building (20th century)	- magazyn nr 1 / / storehouse no. 1 - magazyn nr 2 / / storehouse no. 2 - magazyn nr 3 / / storehouse no. 3 - sala wystawowa / / exhibition hall	222 725 171 3 055	22,0 (0,8)	35,5 (11,1)	- gabinet grafiki i rysunków polskich / cabinet of Polish graphic arts and drawings - magazyn malarstwa – zbiór obrazów olejnych na płótnie i desce / storehouse for paintings – collection of oil paintings on canvas and painting boards - pracownia konserwatorska sztuki średniowiecznej – praca tylko z drewnem / / medieval art restoration workshop – work with wood only - galeria sztuki starożytnej – zbiór rzeźb z tego okresu / ancient art gallery – collection of ancient sculptures

SD – odchylenie standardowe / standard deviation.

Obliczenia matematyczne

Częstość występowania gatunku obliczono według wzoru:

$$F = a/n \times 100\% \quad [1]$$

gdzie:

F – częstość występowania gatunku,

a – liczba prób, w których wystąpił dany szczep,

n – liczba prób.

Obliczono także średnią arytmetyczną i odchylenie standardowe liczby mikroorganizmów z powietrza i po-

wierzchni. Wszystkie obliczenia matematyczne wykonano przy użyciu programu Microsoft Excel.

Wytypowanie i wyznaczenie wskaźników zanieczyszczenia mikrobiologicznego w pomieszczeniach muzealnych

W celu wytypowania wskaźników zanieczyszczenia mikrobiologicznego na stanowiskach pracy w muzeach ustalono kryteria, zestawione w tabeli 2. Skala oceny do wyznaczenia wskaźników zanieczyszczenia mikrobiologicznego na stanowiskach pracy w muzeach została zamieszczona w tabeli 3.

Tabela 2. Kryteria typowania wskaźników zanieczyszczenia szkodliwymi czynnikami biologicznymi na stanowiskach pracy w muzeach
Table 2. Criteria for selecting indicators of contamination with harmful biological agents at museum workposts

Lp. No.	Kryterium Criterion	Opis Description	Skala Scale	Punkty Scores
1	Częstość izolacji szczepu ze środowiska / Frequency of strain isolation from the environment	częstość, z jaką izolowano dany drobnoustrój z powietrza i/lub powierzchni w pomieszczeniach muzealnych / the frequency of a given microorganism isolation from the air and/or surface in museum premises	0–20%	1
			21–40%	2
			41–60%	3
			61–80%	4
			81–100%	5
2	Źródło pochodzenia szczepu / Strain origin	występowanie mikroorganizmu, w powietrzu wewnętrznym i/lub na powierzchniach, na stanowiskach pracy w muzeach w odniesieniu do jego obecności w powietrzu atmosferycznym (tło) / the presence of a microorganism in the indoor air and/or on surfaces at workposts in museums with regard to its presence in the ambient air (background)	obecność w powietrzu wewnętrznym oraz w powietrzu atmosferycznym, brak na powierzchniach / the presence in the indoor air and ambient air, none on surfaces	1
			obecność na powierzchniach oraz w powietrzu atmosferycznym, brak występowania w powietrzu wewnętrznym / the presence on surfaces and in ambient air, none in the indoor air	2
			obecność w powietrzu wewnętrznym, brak w powietrzu atmosferycznym i na powierzchniach / the presence in the indoor air, none in the ambient air and on surfaces	3
			obecność na powierzchniach, brak występowania w powietrzu atmosferycznym i wewnętrznym / the presence on surfaces, none in the indoor air and ambient air	4
			obecność w powietrzu wewnętrznym, powietrzu atmosferycznym oraz na powierzchniach / the presence in the indoor air, ambient air and on surfaces	5
			obecność w powietrzu wewnętrznym i na powierzchniach, brak w powietrzu atmosferycznym / the presence in the indoor air and on surfaces, none in the ambient air	6
3	Szkodliwość zdrowotna dla ludzi / Hazardous to human health	według klasyfikacji przyjętej w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia (DzU z 2005 r. nr 81, poz. 716 ze zm., DzU z 2008 r. nr 48, poz. 288) oraz European Confederation of Medical Mycology (BSL) / acc. classification adopted in the decree of the Minister of Health (DzU, 2005 No. 81, item. 716 with later amendments, DzU 2008 No. 48, item. 288) and European Confederation of Medical Mycology (BSL)	brak szczepu w obu wykazach i brak danych na temat szkodliwości / no strain on none of both lists and no data on health risks	1
			klasa narażenia zdrowotnego 2 i klasa BSL 1 / medical exposure class 2 and biosafety level 1	2
			szkodliwość wynikająca z danych literaturowych / hazard based on the literature data	3
			szkodliwość wynikająca z badań laboratoryjnych / hazard based on the laboratory studies	4
			klasa narażenia zdrowotnego 3 i klasa BSL 2 lub klasy wyższe / medical exposure class 3 and biosafety level 2 or higher	5

Tabela 3. Skala oceny do wyznaczania wskaźników zanieczyszczenia mikrobiologicznego na stanowiskach pracy w muzeach
Table 3. The evaluation scale for selecting indicators of microbial contamination in museum workposts

Grupa wskaźników Group of indicators	Przyznane punkty Assigned scores	Ocena Evaluation	Opis Description
I	3–6	mikroorganizmy niezwiązane ze specyfiką pomieszczeń muzealnych / microorganisms not associated with the specificity of museum premises	mikroorganizmy występujące w powietrzu atmosferycznym i sporadycznie w pomieszczeniach o niskim stopniu zanieczyszczenia mikrobiologicznego, niestanowiące zagrożenia zdrowotnego dla pracowników / microorganisms occurring in the ambient air and occasionally in premises with low microbial contamination, not hazardous to workers' health
II	7–10	mikroorganizmy stale obecne w pomieszczeniach muzealnych / / microorganisms constantly present in museum premises	mikroorganizmy występujące w powietrzu lub na powierzchniach w muzeach o niskim stopniu zanieczyszczenia mikrobiologicznego; mogące występować również w powietrzu atmosferycznym, niestanowiące/stanowiące zagrożenie zdrowotne dla pracowników / microorganisms occurring in the air or on surfaces in museums with low microbial contamination, may also be present in the ambient air, not hazardous to workers' health
III*	11–13	wskaźniki zanieczyszczenia szkodliwymi czynnikami biologicznymi na stanowiskach pracy w muzeach / indicators of contamination with harmful biological agents at museum workposts	mikroorganizmy występujące z dużą częstotliwością w pomieszczeniach silnie zanieczyszczonych mikrobiologicznie zarówno w powietrzu, jak i na powierzchniach, sporadycznie występujące również w powietrzu atmosferycznym, stanowiące zagrożenie zdrowia dla pracowników / / microorganisms occurring with high frequency in areas heavily contaminated microbiologically, both in the air and on surfaces, occasionally occurring also in the ambient air, hazardous to workers's health

* Warunkiem przynależności do grupy III wskaźników jest szkodliwość mikroorganizmu dla zdrowia człowieka / The hazard to the human health of a given microorganism determines its classification into class III.

WYNIKI

Zanieczyszczenie mikrobiologiczne w muzeach było zróżnicowane. Liczebność drobnoustrojów w powietrzu wynosiła od $2,1 \times 10^2$ do $7,0 \times 10^3$ jtk/m³, a na powierzchniach od $1,4 \times 10^2$ do $1,7 \times 10^4$ jtk/100 cm² (tab. 4).

Najniższe zanieczyszczenie odnotowano dla pomieszczeń Muzeum Narodowego, gdzie ogólna liczba drobnoustrojów kształtowała się średnio na poziomie $2,1 \times 10^2$ jtk/m³ w powietrzu i $1,4 \times 10^2$ jtk/100 cm² na powierzchniach. Największe zanieczyszczenie drobnoustrojami wykryto na stanowiskach pracy w Muzeum Tradycji Niepodległościowych. W pomieszczeniach tego muzeum stężenie bioaerozolu osiągnęło poziom $7,0 \times 10^3$ jtk/m³, a ogólna liczba drobnoustrojów na powierzchniach wynosiła $1,7 \times 10^4$ jtk/100 cm². Zanieczyszczenie drobnoustrojami w pozostałych badanych obiektach mieściło się w zakresie od $7,7 \times 10^1$ jtk/m³ do $4,2 \times 10^2$ jtk/m³ dla powietrza oraz od $1,5 \times 10^2$ jtk/100 cm² do $4,6 \times 10^2$ jtk/100 cm² dla powierzchni w środowisku pracy (tab. 4).

Mikroorganizmami dominującymi w powietrzu badanych obiektów były grzyby strzępkowe, które stanowiły 18–98% wszystkich wyizolowanych drobnoustrojów. Na uwagę zasługuje przewaga grzybów w obiekcie

o podwyższonym zanieczyszczeniu mikrobiologicznym, tj. w Muzeum Tradycji Niepodległościowych. Również eksponaty gromadzone w tym muzeum były liczniej zasiedlane przez grzyby niż przez bakterie. Na powierzchniach magazynowanych przedmiotów, mebli i ścian udział grzybów wynosił 99,9%. Wysoki odsetek grzybów strzępkowych (86%) stwierdzono także wśród mikroorganizmów obecnych na powierzchniach w Muzeum Archeologicznym i Etnograficznym (tab. 4).

Mikroorganizmy w środowisku muzealnym izolowano z powierzchni różnych materiałów – drewna, skóry, tkanin, powłok malarskich, tworzyw sztucznych, stali, kamienia, przegród budowlanych – jednak w największej liczbie zasiedlały one przedmioty drewniane i ściany (tab. 5).

Grzybami strzępkowymi izolowanymi z najwyższą częstością ze środowiska muzealnego były: *Alternaria alternata* (14–44%), *Aspergillus niger* (4–29%), *Aspergillus versicolor* (25–61%), *Cladosporium herbarum* (12–39%), *Cladosporium macrocarpum* (17–50%), *Mucor racemosus* (14–19%), *Penicillium carneum* (6–57%), *Penicillium paneum* (19–27%), *Penicillium polonicum* (7–25%) i *Rhizopus nigricans* (28–100%).

Tabela 4. Analiza ilościowa zanieczyszczenia mikrobiologicznego w badanych pomieszczeniach muzealnych
Table 4. Quantitative analysis of microbial contamination of the museum premises under study

Instytucja Institution	Ilość grzybów strzępkowych w powietrzu [jtk/m ³] Amount of fungi in the air [cfu/m ³]		Ilość bakterii w powietrzu [jtk/m ³] Amount of bacteria in the air [cfu/m ³]		Średnia ilość drobnoustrojów w powietrzu [jtk/m ³] Total amount of microbes in the air [cfu/m ³]		Udział drobnoustrojów w powietrzu Proportion of microbes in the air [%] grzyby fungi		Ilość grzybów na po- wierzchniach [jtk/100 cm ²] Amount of fungi on surfaces [cfu/100 cm ²]		Ilość bakterii na powierz- chniach [jtk/100 cm ²] Amount of bacteria on surfaces [cfu/100 cm ²]		Średnia ilość drobnoustrojów na powierz- chniach [jtk/100 cm ²] Average amount of microbes on surfaces [cfu/100 cm ²]		Udział drobnoustrojów na powierzchniach Proportion of microbes on surfaces [%] grzyby fungi		bakterie bacteria					
	M:	Min.:	Maks.:	SD:	M:	Min.:	Maks.:	SD:	M:	Min.:	Maks.:	SD:	M:	Min.:	Maks.:	SD:	M:	Min.:	Maks.:	SD:		
Centralne Muzeum Włókiennictwa w Łodzi / Central Museum of Textile in Łódź	M: 7,7×10 ¹ Min.: 0,0 Maks.: 2,4×10 ² SD: 5,8×10 ¹	M: 4,2×10 ² Min.: 0,0 Maks.: 1,3×10 ³ SD: 3,0×10 ²	M: 2,5×10 ² Min.: 0,0 Maks.: 8,2×10 ² SD: 2,8×10 ²	15,44	M: 1,0×10 ² Min.: 0,0 Maks.: 8,0×10 ² SD: 2,2×10 ²	M: 2,0×10 ² Min.: 1,3×10 ¹ Maks.: 1,2×10 ³ SD: 3,4×10 ²	M: 1,5×10 ² Min.: 0,0 Maks.: 9,0×10 ² SD: 2,9×10 ²	30,73														
Muzeum Tradycji Niepodległościowych w Łodzi / Museum of Independence Traditions in Łódź	M: 1,4×10 ⁴ Min.: 1,0×10 ¹ Maks.: 5,3×10 ⁴ SD: 2,1×10 ⁴	M: 3,4×10 ² Min.: 1,8×10 ² Maks.: 5,8×10 ² SD: 1,5×10 ²	M: 7,0×10 ³ Min.: 1,0×10 ¹ Maks.: 5,3×10 ⁴ SD: 1,6×10 ⁴	97,64	M: 3,4×10 ⁴ Min.: 0,0 Maks.: 2,7×10 ⁵ SD: 9,5×10 ⁴	M: 2,6×10 ¹ Min.: 0,0 Maks.: 7,2×10 ¹ SD: 2,9×10 ¹	M: 1,7×10 ⁴ Min.: 0,0 Maks.: 2,7×10 ⁵ SD: 6,7×10 ⁴	99,92														0,08
Muzeum Archeologiczne i Etnograficzne w Łodzi / Museum of Archeology and Ethnography in Łódź	M: 4,2×10 ² Min.: 1,0×10 ¹ Maks.: 1,3×10 ³ SD: 4,5×10 ²	M: 5,6×10 ² Min.: 1,5×10 ² Maks.: 2,4×10 ³ SD: 5,6×10 ²	M: 4,9×10 ² Min.: 1,0×10 ¹ Maks.: 2,4×10 ³ SD: 5,06×10 ²	43,24	M: 8,9×10 ² Min.: 0,0 Maks.: 5,9×10 ³ SD: 1,8×10 ³	M: 1,2×10 ² Min.: 0,0 Maks.: 3,1×10 ² SD: 1,0×10 ²	M: 4,6×10 ² Min.: 0,0 Maks.: 5,9×10 ³ SD: 1,2×10 ³	85,93														14,07
Muzeum Narodowe w Warszawie / National Museum in Warszawa	M: 7,5×10 ¹ Min.: 0,0 Maks.: 4,6×10 ² SD: 1,2×10 ²	M: 3,4×10 ² Min.: 7,0×10 ¹ Maks.: 8,6×10 ² SD: 2,0×10 ²	M: 2,1×10 ² Min.: 0,0 Maks.: 8,6×10 ² SD: 2,1×10 ²	18,26	M: 6,3×10 ¹ Min.: 8,0×10 ⁰ Maks.: 2,0×10 ² SD: 5,5×10 ¹	M: 2,1×10 ² Min.: 1,3×10 ¹ Maks.: 6,5×10 ² SD: 2,0×10 ²	M: 1,4×10 ² Min.: 8,0×10 ⁰ Maks.: 6,5×10 ² SD: 1,6×10 ²	23,17														76,83

M – średnia arytmetyczna / arithmetic mean.
Min./Maks. – minimalna/maksymalna wartość / minimum/maximum value.
SD – odchylenie standardowe / standard deviation.

Tabela 5. Wyizolowane drobnoustroje oraz częstość ich izolacji w powietrzu i na powierzchniach w badanych muzeach
Table 5. Isolated species and frequency of their isolation in the air and on the surfaces in the museums under study

Mikroorganizm Microorganism	Częstość izolacji ze wszystkich prób w każdej z instytucji (powietrze/powierzchnie) The frequency of isolation from all trials in each institution (air/surface) [%]			
	CMW	MTN	MAiE	MN
Gram-ujemne pałeczki / Gram-negative rods				
<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	0/0	0/0	0/0	0/50,0 ^{4a,b,c,d;6a,e,j,l,m;7;8d}
<i>Pseudomonas alcaligenes</i>	0/0	75,0/0	0/0	0/0
Gram-dodatnie ziarniaki / Gram-positive cocci				
<i>Micrococcus</i> sp.	95,9/83,3 ^{1a,g;5a;6a,b,c,n,o;8b,c}	100,0/0	86,1/16,7 ^{6g;p}	95,9/56,3 ^{4a,b,c,d;6a,e,j,l,m;8d}
<i>Kocuria varians</i> / <i>rosea</i>	75,0/0	0/0	0/0	0/0
<i>Staphylococcus aureus</i>	0/0	0/0	100,0/0	0/0
<i>Staphylococcus hominis</i>	91,7/0	0/0	0/0	0/0
<i>Staphylococcus lentus</i>	0/0	100,0/0	0/0	0/0
<i>Staphylococcus xylosum</i>	75,0/0	0/0	0/0	0/0
Gram-dodatnie przetrwalnikujące laseczki / / Gram-positive endospores				
<i>Bacillus</i> sp.	0/66,7 ^{1g;6n,o;8b}	0/0	0/0	0/0
<i>Bacillus firmus</i>	75,0/0	0/0	0/0	0/0
<i>Bacillus megaterium</i>	0/0	0/0	0/58,3 ^{5b;6c,d,g,p;7}	0/0
<i>Bacillus pumilus</i>	0/55,0 ^{1a;5a;6a,b,c,d,o;7a}	0/0	0/75,0 ^{5b;6c,d,g,i,p;7}	0/62,5 ^{3c;4a,b,c;6e;j,l,m;7}
<i>Bacillus subtilis</i>	0/44,4 ^{1a,g;6n,o;8a,b}	0/0	0/66,7 ^{5b;6c,d,h,i,p;7}	0/0
<i>Brevibacillus laterosporus</i>	0/50,0 ^{1a;6o;8b}	0/0	0/0	0/0
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	0/50,0 ^{5a;6a,b,c;8c}	0/50,0 ^{2a;6c,e}	0/0	0/0
<i>Paenibacillus polymyxa</i>	0/0	0/0	0/91,7 ^{5b;6c,d,g,h,i,p;7}	0/0
Grzyby strzępkowe / Fungi				
<i>Alternaria alternata</i>	0/14,3 ^{5a;6b}	0/0	0/0	0/43,8 ^{4a,b,d;5c;6k,j;7}
<i>Alternaria consortiale</i>	0/14,3 ^{8a,c}	0/0	0/0	0/0
<i>Aspergillus flavus</i>	0/0	0/0	0/0	0/12,5 ^{4d;6m}
<i>Aspergillus niger</i>	20,83/28,6 ^{1c;6a,d;8c}	0/12,5 ^{6c}	0/0	4,2/0
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0/0	0/0	0/0	8,3/0
<i>Aspergillus parasiticus</i>	0/0	0/0	0/27,3 ^{6g;7}	0/0
<i>Aspergillus terreus</i>	0/0	0/0	0/0	12,5/0
<i>Aspergillus versicolor</i>	25,0/0	0/50,0 ^{2a;3a;6e,f}	61,1/0	4,2/0
<i>Aspergillus wentii</i>	0/0	0/0	0/0	8,3/0
<i>Aureobasidium pullulans</i>	0/0	0/0	0/0	4,2/0
<i>Botrytis</i> sp.	4,2/0	0/0	0/0	0/0
<i>Cladosporium</i> sp.	4,17/0	0/0	0/0	0/0
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	12,5/7,1 ^{8c}	0/0	0/0	0/0
<i>Cladosporium herbarum</i>	0/0	0/12,5 ^{6e,f}	38,9/0	0/12,5 ^{4b;7}
<i>Cladosporium macrocarpum</i>	0/0	0/0	50,0/0	16,7/18,8 ^{4a;6a;7}
<i>Mucor circinelloides</i>	0/0	0/0	0/0	0/6,3 ^{6m}
<i>Mucor hiemalis</i>	8,3/0	0/0	0/0	0/0
<i>Mucor plumbeus</i>	0/0	0/0	0/18,9 ^{6i;8}	0/0
<i>Mucor racemosus</i>	0/14,3 ^{8a,b}	0/0	0/18,9 ^{5b;7}	0/0
<i>Paecilomyces variotii</i>	0/0	0/0	0/0	0/31,3 ^{6k,l;7;8d}
<i>Penicillium carneum</i>	45,8/57,1 ^{1b,c;5a;6a,b;8c}	0/12,5 ^{6e}	5,6/36,4 ⁷	0/0
<i>Penicillium commune</i>	0/0	0/0	0/0	33,3/0
<i>Penicillium digitatum</i>	0/0	0/0	0/0	4,2/62,5 ^{4a,b,d;5c;6e,j,k;7;8d}
<i>Penicillium gladioli</i>	0/0	0/0	0/0	20,8/0
<i>Penicillium italicum</i>	0/0	0/0	0/0	4,2/37,5 ^{4a,b;6e;j,m}

Tabela 5. Wyizolowane drobnoustroje oraz częstość ich izolacji w powietrzu i na powierzchniach w badanych muzeach – cd.
Table 5. Isolated species and frequency of their isolation in the air and on the surfaces in the museums under study – cont.

Mikroorganizm Microorganism	Częstość izolacji ze wszystkich prób w każdej z instytucji (powietrze/powierzchnie) The frequency of isolation from all trials in each institution (air/surface) [%]			
	CMW	MTN	MAiE	MN
<i>Penicillium paneum</i>	0/0	0/0	0/27,3 ^{6h;7}	25,0/18,8 ^{6e;7;8d}
<i>Penicillium polonicum</i>	0/7,14 ^{5b}	0/25,0 ^{1f}	0/0	8,3/18,8 ^{6i;8d}
<i>Penicillium radicola</i>	45,8/0	0/0	0/0	0/0
<i>Penicillium sclerotigenum</i>	0/0	0/0	0/0	8,3/0
<i>Rhizopus nigricans</i>	37,50/14,3 ^{6c;n}	100/0	27,8/0	0/0
<i>Trichoderma viride</i>	0/0	0/0	5,6/0	0/0
Drożdże / Yeasts				
<i>Candida</i> sp.	0/0	0/0	0/0	0/31,3 ^{4a,b;6a,j}
<i>Candida sphaerica</i>	0/35,7 ^{5a;6a,b,d;8c}	0/0	0/0	0/0
<i>Rhodotorula</i> sp.	0/0	0/0	0/9,1 ^{6d}	0/0
<i>Rhodotorula minuta</i>	0/0	0/0	0/0	0/6,3 ^{4a}

CMW – Centralne Muzeum Włókiennictwa w Łodzi / The Central Museum of Textiles in Łódź.

MTN – Muzeum Tradycji Niepodległościowych w Łodzi / The Museum of Independence Traditions in Łódź.

MAiE – Muzeum Archeologiczne i Etnograficzne w Łodzi / The Museum of Archeology and Ethnography in Łódź.

MN – Muzeum Narodowe w Warszawie / The National Museum in Warszawa.

¹ Tkanina / Fabric: a) tkanina do prania / textile prepared to wash; b) krosno ludowe (tkanina) / loom (textile); c) dywan wiązany turkmeński (XIX/XX w.) / Turkmen bound carpet (19th/20th century); d) żakardowa „Orły” (L. Kintopf, ok. 1926, Polska) / jacquard fabric (“Eagles” – L. Kintopf, ca 1926, Poland); e) kilim wełniany Syon (XIX w., Małopolska Wschodnia) / woollen kilim Syon (Eastern Małopolska, 19th century); f) sztandar / banner affected by fungi; g) dywan do naprawy z XVI w. / carpet from the 16th century prepared for repair.

² Skóra / Leather: a) plecak (część skórzana) / rucksack affected by fungi (leather part).

³ Obraz / Painting: a) obraz z suwnicy od strony ściany / painting on gantry (from the wall side); b) obraz z suwnicy od strony pomieszczenia / painting on gantry (from the room side); c) obraz olejny / oil painting.

⁴ Rzeźba / Sculpture: a) postument „Apollo Lykejos” / pedestal of Apollo Lykejos; b) podnóże „Statua Togata” / pedestal of Togate Statue; c) postument zbiorowy / collective pedestal in the center of gallery; d) postument „Jowisz Kapitolński” / pedestal of Jupiter Capitolinus.

⁵ Stal / Steel: a) stalowy automat cholewkarski / steel uppers automatic machine; b) metalowy regał / steel rack; c) stelaż na obrazy / gantry.

⁶ Drewno / Wood: a) regał drewniany / wooden rack; b) drewniana pralnica bębnowa / wooden drum-type washing machine; c) drewniana szafa / wooden wardrobe;

d) regał drewniany / wooden rack; e) drewniane biurko / wooden desk; f) drewniana szuflada / wooden drawer of cupboard; g) drewniana rzeźba („Ul” – S. Mucha) / wooden sculpture (“Beehive” – S. Mucha); h) drewniana skrzynia / wooden chest; i) krzesło / chair; j) drewniana półka / wooden shelf; k) drewniana rama / wooden frame;

l) stół konserwatorski (plyta pilśniowa) / restoration bench (fiberboard); m) drewniany parapet / wooden windowsill; n) stół do laminowania tkanin / table for textile lamination; o) stół konserwatorski / restoration bench) drewniana pralnica bębnowa / wooden drum-type washer.

⁷ Ściany / Walls.

⁸ Inne / Other: a) basen do prania / washing basin; b) stół laboratoryjny / laboratory bench; c) parapet okienny z tworzywa sztucznego / plastic windowsill; d) stół z tworzywa sztucznego / plastic table.

Podkreślić należy, że wymienione gatunki wyizolowano w co najmniej 2 spośród 4 rozpatrywanych instytucji, a *Aspergillus versicolor* obecny był we wszystkich badanych obiektach (tab. 5).

Wśród bakterii dominowały: *Micrococcus* sp. izolowany we wszystkich badanych muzeach z częstością mieszczącą się w zakresie 17–100%; *Bacillus pumilus* występujący w 3 muzeach z częstością 55–75% oraz *Bacillus subtilis* i *Lactobacillus delbrueckii* obecne w dwóch instytucjach i izolowane z częstością odpowiednio: 44–67% i 50% (tab. 5).

Zdiagnozowane szczepy poddano analizie klasyfikującej je do 3 grup wskaźników, zgodnie z kryteriami i skalą oceny zamieszczonymi w tabelach 2. i 3. W ramach przyjętego podziału wyróżniono:

- grupę I – 18 gatunków (11 szczepów bakterii i 7 grzybów) stanowiących mikroorganizmy niezwiązane ze specyfiką pomieszczeń muzealnych,
- grupę II – 24 gatunki (5 szczepów bakterii, 19 grzybów) zaliczone do mikroorganizmów stale obecnych w pomieszczeniach muzealnych,
- grupę III – 10 gatunków grzybów uznanych za wskaźniki zanieczyszczenia szkodliwymi czynnikami biologicznymi na stanowiskach pracy w muzeach; grupę utworzyły następujące gatunki grzybów: *Aspergillus* (*A. niger*, *A. versicolor*), *Cladosporium* (*C. herbarum*, *C. macrocarpum*), *Penicillium* (*P. carneum*, *P. digitatum*, *P. italicum*, *P. paneum*, *P. polonicum*) i *Rhizopus nigricans* (tab. 6).

Tabela 6. Klasyfikacja mikroorganizmów wyizolowanych z pomieszczeń muzealnych do grup wskaźników zanieczyszczenia mikrobiologicznego na stanowiskach pracy

Table 6. Classification of microorganisms isolated from the museum premises into groups of indicators of microbial contamination at workposts

Mikroorganizm Microorganism	Ocena mikroorganizmów Evaluation of microorganisms			Suma punktów Sum of scores	Grupa wskaźników Group of indicators
	częstość izolacji isolation frequency	źródło source	szkodliwość dla ludzi hazard to humans		
<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	2	1	1	4	I
<i>Pseudomonas alcaligenes</i>	2	2	4	8	II
<i>Micrococcus</i> sp.	5	5	1	11	II
<i>Kocuria varians / rosea</i>	1	1	1	3	I
<i>Staphylococcus aureus</i>	2	3	4	9	II
<i>Staphylococcus hominis</i>	1	1	1	3	I
<i>Staphylococcus lentus</i>	2	1	1	4	I
<i>Staphylococcus xylosum</i>	1	1	1	3	I
<i>Bacillus</i> sp.	1	2	1	4	I
<i>Bacillus firmus</i>	1	1	1	3	I
<i>Bacillus megaterium</i>	1	2	1	4	I
<i>Bacillus pumilus</i>	4	2	1	7	II
<i>Bacillus subtilis</i>	3	2	4	9	II
<i>Brevibacillus laterosporus</i>	1	4	1	6	I
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	1	4	1	6	I
<i>Paenibacillus polymyxa</i>	1	4	1	6	I
<i>Alternaria alternata</i>	2	2	4	8	II
<i>Alternaria consortiale</i>	1	4	4	9	II
<i>Aspergillus flavus</i>	1	2	5	8	II
<i>Aspergillus niger</i>	3	5	4	12	III
<i>Aspergillus ochraceus</i>	1	1	4	6	I
<i>Aspergillus parasiticus</i>	1	4	4	9	II
<i>Aspergillus terreus</i>	1	3	4	8	II
<i>Aspergillus versicolor</i>	4	5	4	13	III
<i>Aspergillus wentii</i>	1	3	4	8	II
<i>Aureobasidium pullulans</i>	1	1	1	3	I
<i>Botrytis</i> sp.	1	3	4	8	II
<i>Cladosporium</i> sp.	1	1	4	6	I
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	1	5	4	10	II
<i>Cladosporium herbarum</i>	3	5	4	12	III
<i>Cladosporium macrocarpum</i>	2	6	4	12	III
<i>Mucor circinelloides</i>	1	4	4	9	II
<i>Mucor hiemalis</i>	1	3	4	8	II
<i>Mucor plumbeus</i>	1	4	4	9	II
<i>Mucor racemosus</i>	1	4	4	9	II
<i>Paecilomyces variotii</i>	1	4	5	10	II
<i>Penicillium carneum</i>	3	6	4	13	III
<i>Penicillium commune</i>	1	3	4	8	II
<i>Penicillium digitatum</i>	2	6	4	12	III

Tabela 6. Klasyfikacja mikroorganizmów wyizolowanych z pomieszczeń muzealnych do grup wskaźników zanieczyszczenia mikrobiologicznego na stanowiskach pracy – cd.

Table 6. Classification of microorganisms isolated from the museum premises into groups of indicators of microbial contamination at workposts – cont.

Mikroorganizm Microorganism	Ocena mikroorganizmów Evaluation of microorganisms			Suma punktów Sum of scores	Grupa wskaźników Group of indicators
	częstość izolacji isolation frequency	źródło source	szkodliwość dla ludzi hazard to humans		
<i>Penicillium gladioli</i>	2	3	4	9	II
<i>Penicillium italicum</i>	2	6	4	12	III
<i>Penicillium paneum</i>	2	6	4	12	III
<i>Penicillium polonicum</i>	2	6	4	12	III
<i>Penicillium radicola</i>	1	3	4	8	II
<i>Penicillium sclerotigenum</i>	1	3	4	8	II
<i>Rhizopus nigricans</i>	4	5	4	13	III
<i>Trichoderma viride</i>	2	1	4	7	II
<i>Candida</i> sp.	1	4	1	6	I
<i>Candida sphaerica</i>	1	4	1	6	I
<i>Rhodotorula</i> sp.	1	4	1	6	I
<i>Rhodotorula minuta</i>	1	4	1	6	I
<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>	2	6	1	9	II

OMÓWIENIE

Wykonano badania zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza i powierzchni w 14 pomieszczeniach znajdujących się w 4 muzeach o różnej specyfice gromadzonych materiałów.

Poziomy zanieczyszczenia drobnoustrojami badanych obiektów są zróżnicowane. Wykazano, że stężenie bioaerozolu bakteryjnego we wszystkich badanych obiektach kształtowało się na poziomie od $3,4 \times 10^2$ do $5,6 \times 10^2$ jtk/m³, co potwierdziło wcześniejsze prowadzone w różnych krajach badania mikrobiologiczne obiektów muzealnych (9–12). Prezentowane dane w piśmiennictwie przedmiotu dotyczące analizy ilościowej zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza w muzeach mieszczą się w szerokim zakresie – od 5×10^1 do 3×10^3 jtk/m³ – na co wpływa wiele parametrów, m.in. klimat, charakterystyka budynku i specyfika gromadzonych zbiorów. Potwierdzają to Leśkiewicz-Laudy i Kotarska (10) oraz Gysels i wsp. (9), wskazując na wzrost liczby bakterii w pomieszczeniach muzealnych w sezonie wiosennym i letnim.

Liczebność grzybów w powietrzu w Muzeum Tradycji Niepodległościowych oraz Muzeum Archeologicznym i Etnograficznym znacznie przekroczyła po-

ziom zanieczyszczenia opisany dotychczas dla polskich i zagranicznych obiektów muzealnych – od $1,0 \times 10^0$ do $3,5 \times 10^3$ jtk/m³ (Muzeum-Pałac w Wilanowie, Zamek Królewski na Wawelu), a także zalecaną wartość referencyjną dla pomieszczeń zamkniętych – $2,0 \times 10^2$ jtk/m³ (10,12 – za 26). Należy podkreślić, że opisane w literaturze badania skupione były na analizie zanieczyszczenia mikologicznego muzealnych sal wystawowych, które różnią się warunkami przechowywania zbiorów od pomieszczeń magazynowych, rzadziej wietrzonych i odkurzanych, będących przedmiotem niniejszej pracy. Stwierdzono, że w pomieszczeniach Muzeum Tradycji Niepodległościowych oraz Muzeum Archeologicznym i Etnograficznym wysokiemu stężeniu drobnoustrojów w powietrzu i na powierzchniach magazynowanych materiałów towarzyszył najwyższy poziom wilgotności względnej spośród badanych obiektów, tj. 39–41%. Sugeruje to wpływ wilgotności na zwiększoną liczbę grzybów, jednak wilgotność w badanych obiektach nie przekroczyła zalecanego dla muzeów poziomu 50% i niewykluczony jest wpływ dodatkowych czynników na wzmocniony rozwój grzybów w tym środowisku. Nie odnotowano istotnego wpływu różnych wartości temperatury na zmianę poziomu aerozolu grzybowego w pomieszczeniach.

Mikroorganizmami dominującymi w środowisku badanych muzeów były grzyby strzępkowe. Udział grzybów wynosił 18–98% w stosunku do wszystkich drobnoustrojów wyizolowanych z powietrza oraz 23–100% drobnoustrojów wyizolowanych z powierzchni.

Na podstawie analizy rodzaju zanieczyszczenia mikrobiologicznego – częstości izolacji poszczególnych drobnoustrojów, ich występowania w powietrzu i na powierzchniach w środowisku pracy w porównaniu do występowania w powietrzu atmosferycznym – uwzględniając szkodliwość danego gatunku dla zdrowia ludzi, wytypowano mikroorganizmy wskaźnikowe dla stanowisk pracy w muzeach. Są nimi grzyby: *Aspergillus* (*A. niger*, *A. versicolor*), *Cladosporium* (*C. herbarum*, *C. macrocarpum*), *Penicillium* (*P. carneum*, *P. digitatum*, *P. italicum*, *P. paneum*, *P. polonicum*) oraz *Rhizopus nigricans*. Do wskaźników tych nie zaliczono bakterii *Micrococcus* sp., mimo dużej częstości izolowania jej z powietrza wewnętrznego i atmosferycznego, ze względu na brak potwierdzonej szkodliwości tego rodzaju bakterii dla zdrowia ludzi.

Zaprezentowane dane mają charakter badań wstępnych. Niezbędne jest kontynuowanie monitorowania liczby i rodzajów mikroorganizmów występujących w pomieszczeniach muzealnych. Dotyczy to także innych obiektów użyteczności publicznej o podobnej specyfice środowiska pracy (np. w archiwach i bibliotekach), w których istnieje potwierdzone ryzyko zagrożenia zdrowia ludzi ze strony szkodliwych czynników biologicznych. Przedstawione wyniki powinny stanowić podstawę do opracowania zamkniętej listy wskaźników zanieczyszczenia mikrobiologicznego na stanowiskach pracy w muzeach. Wskazane są także badania medyczne dotyczące wpływu stężenia drobnoustrojów oraz ich rodzajów na stan zdrowia pracowników muzealnictwa.

WNIOSKI

1. Stwierdzono, że średnia ogólna liczba bakterii w powietrzu we wszystkich badanych pomieszczeniach muzealnych nie przekroczyła literaturowej wartości progowej narażenia zawodowego wynoszącej $5,0 \times 10^3 - 1,0 \times 10^4$ jtk/m³.
2. Liczebność grzybów w powietrzu pomieszczeń Muzeum Tradycji Niepodległościowych ($1,4 \times 10^4$ jtk/m³) i Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego ($4,2 \times 10^2$ jtk/m³) znacznie przekraczała zalecaną wartość referencyjną, która wynosi $2,0 \times 10^2$ jtk/m³.
3. Największe zanieczyszczenie mikrobiologiczne stwierdzono w pomieszczeniach Muzeum Tradycji Niepodległościowych w Łodzi (powietrze: $1,71 \times 10^4$ jtk/m³, powierzchnie: $7,02 \times 10^3$ jtk/100 m²), a najmniejszą liczbę drobnoustrojów odnotowano w pomieszczeniach Muzeum Narodowego w Warszawie (powietrze: $1,37 \times 10^2$ jtk/m³, powierzchnie: $2,06 \times 10^2$ jtk/100 m²).
4. Wskaźnikami zanieczyszczenia szkodliwymi czynnikami biologicznymi w muzeach są grzyby: *Aspergillus* (*A. niger*, *A. versicolor*), *Cladosporium* (*C. herbarum*, *C. macrocarpum*), *Penicillium* (*P. carneum*, *P. digitatum*, *P. italicum*, *P. paneum*, *P. polonicum*), *Rhizopus nigricans*.
5. Niezbędne jest kontynuowanie badań dotyczących liczby i rodzajów zanieczyszczenia mikrobiologicznego oraz jego wpływu na stan zdrowia pracowników muzealnictwa w celu potwierdzenia zasadności zaproponowanych wskaźników.

PIŚMIENNICTWO

1. Dyrektywa 2000/54/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej z dnia 18 września 2000 r. w sprawie ochrony pracowników przed ryzykiem związanym z narażeniem na działanie czynników biologicznych w miejscu pracy. Official Journal of the European Communities L. 262/21, Bruksela 2000
2. Dutkiewicz J.: Dyrektywa 2000/54 WE a strategia wykonywania pomiarów czynników biologicznych w zakładach pracy. Podst. Metody Oceny Środ. Pr. 2004;3(41):9–16
3. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 kwietnia 2005 r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki. DzU z 2005 r. nr 81, poz. 716 ze zm.: DzU z 2008 r. nr 48, poz. 288
4. Strzelczyk A.B.: Observations on aesthetic and structural changes induced in Polish historic objects by microorganisms. Int. Biodeterior. Biodegrad. 2004;53:151–156
5. Szostak-Kot J.: Biodeterioracja obiektów zabytkowych. Aspekty mikrobiologiczne w konserwacji. V Konferencja Naukowa Rozkład i Korozja Mikrobiologiczna Materiałów Technicznych. Materiały konferencyjne, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2009, ss. 75–84
6. Sterflinger K.: Fungi: Their role in deterioration of cultural heritage. Fungal Biol. Rev. 2010;24:47–55
7. Żykubek K.: Bioaerozole grzybowe w magazynach archiwalnych – zagrożenie dla ludzi i zasobu. Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce 2007. Wydawnictwo Instytutu Ogrzewnictwa i Wentylacji Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008
8. Camuffo D., Brimblecombe P., Grieken R.V., Busse H.-J., Sturaro G., Valentino A. i wsp.: Indoor air quality at the Correr Museum. Sci. Total Environ. 1999;236:135–152

9. Gysels K., Delalieux F., Deutsch F., Grieken R.V., Camuffo D., Bernardi A. i wsp.: Indoor environment and conservation in the Royal Museum of Fine Arts, Antwerp, Belgium. *J. Cult. Herit.* 2004;5:221–230
10. Leśkiewicz-Laudy A.: Badania mikrobiologiczne powietrza wewnętrznego w muzeum – pałacu w Wilanowie jako istotny element konserwacji prewencyjnych. IV Konferencja Naukowa Rozkład i Korozja Mikrobiologiczna Materiałów Technicznych. Materiały konferencyjne. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2006, ss. 140–144
11. Rojas T.I., Martinez E., Gomez Y., Alvarado Y.: Airborne spores of *Aspergillus* species in cultural institutions at Havana University. *Grana* 2002;41:190–193
12. Syguła-Cholewińska J., Błyskał B.: Mikroflora powietrza w muzealnych salach wystawienniczych. III Konferencja Naukowa Rozkład i Korozja Mikrobiologiczna Materiałów Technicznych. Materiały konferencyjne. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2003, ss. 254–259
13. Woźniak M., Tymińska A.: Mikrobiologiczne aspekty konserwacji starodruków. III Konferencja Naukowa Rozkład i Korozja Mikrobiologiczna Materiałów Technicznych. Materiały konferencyjne. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2003, ss. 186–193
14. Kurup V.P., Shen H.D., Vijay H.: Immunobiology of fungal allergens. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 2002;129:181–188
15. Chapman M.D.: Challenges associated with indoor moulds: health effects, immune response and exposure assessment. *Med. Mycol.* 2006;44:529–532
16. Wiszniewska M., Walusiak J., Gutarowska B., Żakowska Z., Pałczyński C.: Grzyby pleśniowe w środowisku komunalnym i miejscu pracy – istotne zagrożenie zdrowotne. *Med. Pr.* 2004;55(3):257–266
17. Nielsen K.F., Gravesen S., Nielsen P.A., Andersen B., Thrane U., Frisvad J.C.: Production of mycotoxins on artificially and naturally infested building materials. *Mycopathologia* 1999;145:43–56
18. Flannigan B., Samson R.A., Miller J.D.: Microorganisms in home and indoor work environments: diversity, health impacts, investigation and control. Taylor & Francis, London – New York 2001
19. Gutarowska B.: Grzyby strzępkowe zasiedlające materiały budowlane. Wzrost oraz produkcja mikotoksyn i alergenów. *Zesz. Nauk. Rozpr. Nauk.* 2010;398:3–161
20. Wiszniewska M., Walusiak-Skorupa J., Pannenko I., Draniak M., Pałczyński C.: Occupational exposure and sensitization to fungi among museum workers. *Occup. Med.* 2009;59:237–242
21. Wiszniewska M., Walusiak J., Pannenko I., Draniak M., Kowalczyk M., Pałczyński C.: Pleśnie – alergeny obecne w środowisku pracy muzealników. *Ochr. Koroz.* 2006;9:257–261
22. Wlazło A., Pastuszka J.S.: Jakość flory bakteryjnej w zdrowych mieszkaniach i w wybranych pomieszczeniach biurowych. Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce 2001. Wydawnictwo Instytutu Ogrzewnictwa i Wentylacji Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001
23. Samson R.A., Hoekstra E.S., Frisvad J.C.: Introduction to foodborne fungi. Centraalbureau voor Schimmennutturees, Baarn 1996
24. Flannigan B., Miller J.D.: Health implications of fungi in indoor environments. W: Samson R.A., Flannigan B., Flannigan M.E., Verhoeff A.P., Adan O.C.G., Hoekstra E.S. [red.]. Health implications of fungi in indoor environments. Elsevier Science, Amsterdam 1994, ss. 3–28
25. Malmros P., Sigsgaard T., Bach B.: Occupational health problems due to garbage sorting. *Waste Manage. Res.* 1992;3(10):227–234
26. Górny R.L.: Biologiczne czynniki szkodliwe: normy, zalecenia i propozycje wartości dopuszczalnych. *Podst. Metody Oceny Środ. Pr.* 2004;3(41):17–39