



## **Czynniki mikrobiologiczne na terenie wybranych krajowych portów lotniczych**

*Agata Stobnicka, Małgorzata Gołofit-Szymczak, Rafał Górny*  
*Centralny Instytut Ochrony Pracy*  
*– Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa*

### **1. Wstęp**

W ostatnich latach popularność podróży lotniczych stale rośnie, a polskie porty lotnicze obsłużyły w 2016 roku blisko 34 mln pasażerów (wg danych Urzędu Lotnictwa Cywilnego). Coraz więcej osób wybiera podróże samolotem jako najszybszy i najbezpieczniejszy środek transportu. Do takiego wyboru zachęcają także atrakcyjne ceny biletów. Oprócz niewątpliwych zalet, jak rozwinięta sieć praktycznie bezkolizyjnych połączeń, szybkość czy duże bezpieczeństwo, transport lotniczy ma także swoje wady. Jedną z nich jest możliwość rozprzestrzeniania się tą drogą chorób zakaźnych, co jak pokazują epidemie XXI wieku stanowi istotne i realne zagrożenie. Pasażerowie przemieszczający się pomiędzy różnymi krajami i kontynentami mogą być bowiem objawowymi lub bezobjawowymi nosicielami różnych chorób, co pociąga za sobą możliwość swobodnego przemieszczania się szkodliwych czynników chorobotwórczych na duże odległości (Wilson 2003). Teren portu lotniczego, gdzie odbywa się obsługa ruchu pasażerskiego jest obszarem o występującym okresowo dużym skupieniu ludzi, a najnowsze badania wskazują, że powierzchnie na terenie lotnisk mogą być głównym źródłem rozprzestrzeniania się na świecie antybiotykoopornych szczepów drobnoustrojów (Schaumburg i in. 2016).

W piśmiennictwie przedmiotu brak jest danych dotyczących charakterystyki czynników mikrobiologicznych występujących na terenie polskich portów lotniczych, stąd też konieczne było podjęcie badań w tym zakresie. Celem pracy była ilościowa i jakościowa ocena zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza i powierzchni na lotniskach wytypowanych na terenie Polski.

## **2. Metodyka badań**

### **2.1. Pobieranie próbek bioaerozoli**

Badania zostały przeprowadzone w okresie od kwietnia do października na terenie 3 krajowych terminali lotniczych, z których każdy obsługuje rocznie powyżej 2 mln pasażerów. Do przeprowadzenia badań czystości mikrobiologicznej powietrza w każdym z badanych portów lotniczych wyznaczono 4 punkty pomiarowe: punkt informacyjny w hali głównej (1), punkt odprawy biletowo-bagażowej (2), punkt kontroli bezpieczeństwa (3) oraz punkt przy taśmie bagażowej w hali przylotów (4). Jednocześnie z próbkami aspirowanymi na lotniskach, pobierano próbki powietrza zewnętrznego (tzw. tło zewnętrzne) w celu oceny stopnia migracji atmosferycznych zanieczyszczeń mikrobiologicznych do wnętrza badanych obiektów.

Pobieranie próbek powietrza przeprowadzone zostało stacjonarnie, metodą wolumetryczną zgodnie z normą PN-EN 13098 „Powietrze na stanowiskach pracy – Wytyczne dotyczące pomiaru mikroorganizmów i endotoksyn zawieszonych w powietrzu”. Próbki powietrza pobierano impaktorem MAS (model 100, Merck, Darmstadt, Niemcy). Każdorazowo przed pomiarem głowica impaktora poddawana była czyszczeniu i dezynfekcji polegającej na myciu alkoholem izopropylowym w myjce ultradźwiękowej (model Sonic 5, Polsonic, Warszawa). Każdorazowo impaktor ustawiano na badanym stanowisku pomiarowym na wysokości strefy oddechowej człowieka. Prędkość przepływu strugi powietrza podczas pobierania próbki wynosiła każdorazowo 100 L/min. W badaniach aerozolu bakteryjnego i grzybowego zastosowano 1-minutowy czas aspiracji próbki. Powierzchnię wychwyty w impaktorze stanowiła standardowa szalka Petriego o średnicy 90 mm wypełniona odpowiednim podłożem mikrobiologicznym: tj. agarem tryptozowo-sojowym (Tryptcase Soy Agar – TSA, bioMérieux, Marcy l’Etoile, Francja) z 5% dodatkiem

odwłóknionej krwi baraniej dla bakterii oraz agarem słodowym (Malt Extract Agar; Merck) dla grzybów. Warunki inkubacji pobranych próbek przedstawiały się następująco: dla bakterii – 1 dzień (37°C) + 3 dni (22°C) + 3 dni (4°C), a dla grzybów – 4 dni (30°C) + 4 dni (22°C). Wszystkie próbki inkubowano w warunkach tlenowych. Przedłużona inkubacja próbek w kierunku bakterii miała na celu umożliwienie wzrostu szczepom wolnorosnącym w niższym zakresie temperatur (Dutkiewicz 1978, Macher 1999, Jensen i Schafer 1998). Po inkubacji, zliczeniu kolonii oraz uwzględnieniu objętości próbki wyznaczano stężenie mikroorganizmów w jednostkach tworzących kolonie w 1 m<sup>3</sup> powietrza [jtk/m<sup>3</sup>]. Otrzymany wynik przeliczano w oparciu o tablicę konwersyjną dołączoną do impaktora według wzoru:

$$P_r = N[1/N + 1/(N-1) + 1/(N-2) + \dots + 1/(N-r+1)] \quad (1)$$

gdzie:

$P_r$  – ostateczny wynik po korekcie (rzeczywiste stężenie drobnoustrojów),

$N$  – liczba otworów w głowicy,

$r$  – wynik odczytu z płytki.

## 2.2. Pobieranie próbek wymazów

Do badań wytypowano następujące powierzchnie: blaty (a), taśmy bagażowe (b) i poręcze (c) w punkcie odprawy bagażowo-biletowej; blaty (d), taśmy bagażowe (e), pojemniki na bagaże (f) oraz rolki do przesuwania bagażu (g) w punkcie kontroli bezpieczeństwa; taśmy bagażowe w hali przylotów (h) oraz blaty (i) i poręcze (j) w punkcie informacyjnym w hali głównej. Próbki wymazów powierzchniowych pobierano sterylną wymazówką zwilżoną solą fizjologiczną z wykorzystaniem jednorazowego sterylnego szablonu o powierzchni 100 cm<sup>2</sup> (MEUS S.R.L., Piove Di Sacco, Włochy). Następnie wymazówkę umieszczano w próbówce z podłożem transportowym Amies (MEUS S.R.L.), utrzymującym pobrane drobnoustroje przy życiu do czasu ich przywiezienia do laboratorium. Analiza próbki z wymazu powierzchniowego polegała na ekstrakcji zebranego materiału w roztworze soli fizjologicznej poprzez wytrząsanie próbek 600 obr/min przez 30 min w wytrząsarce. Z tak uzyskanej zawiesiny wykonywano 3 kolejne 10-krotne rozcieńczenia, które następnie wysiewano w objętości 0,1 cm<sup>3</sup> na wcześniej przygotowane podłoża mikrobiologiczne, tj. agar tryptozowo-sojowy (Tryptcase Soy Agar –

TSA, bioMérieux, Marcy l'Etoile, Francja) z 5% dodatkiem odwłóknionej krwi baraniej dla bakterii oraz agar słodowy (Malt Extract Agar; Merck) dla grzybów. Warunki inkubacji były analogiczne jak dla próbek bioaerologii. Po inkubacji, zliczeniu kolonii oraz uwzględnieniu badanej powierzchni, wyznaczano stężenie mikroorganizmów w jednostkach tworzących kolonie na 1 cm<sup>2</sup> powierzchni [jtk/cm<sup>2</sup>]. Stężenie mikroorganizmów na badanych powierzchniach ( $C_w$ ) obliczano według wzoru:

$$C_w = (N \times V_1 \times D) / (A \times V_2) \quad (2)$$

gdzie:

$N$  – średnia liczba wyrosłych kolonii na podłożu [jtk],

$V_1$  – objętość roztworu użytego do ekstrakcji [cm<sup>3</sup>],

$D$  – wskaźnik rozcieńczenia,  $A$  – wielkość badanej powierzchni [cm<sup>2</sup>],

$V_2$  – objętość próbki wysiewanej na podłożu [cm<sup>3</sup>].

### 2.3. Identyfikacja wyizolowanych mikroorganizmów

Po wyznaczeniu stężeń mikroorganizmów w powietrzu i na powierzchniach przeprowadzono ich identyfikację w oparciu o analizę makroskopową kolonii i mikroskopową cech morfologicznych komórek, uzupełnioną w przypadku bakterii i drożdży o analizę ich cech biochemicznych (Holt i in. 1994). W analizie cech biochemicznych bakterii wykorzystano szeregi biochemiczne API (analytical profile index) (Staph, Strep, Coryne, CHB+CH, E, NE, NH, A, Campy) połączone z komputerowym systemem analizy APIweb (bioMérieux SA), pozwalające na ocenę zdolności bakterii do enzymatycznego rozkładu organicznych substratów. Przed wyborem testu API przeprowadzono testy wstępne, takie jak barwienie komórek bakteryjnych metodą Grama, test na katalazę, test na oksydazę oraz ocenę typu hemolizy, na podstawie których wybierano odpowiedni rodzaj testu biochemicznego. Wyniki reakcji biochemicznych testów API, skojarzone z wynikami analizy makro- i mikroskopowej oraz analizy cech fizjologicznych, posłużyły do ostatecznej identyfikacji badanych szczepów. Jakościową analizę grzybów przeprowadzono z wykorzystaniem kluczy do oznaczania grzybów pleśniowych i drożdży (Barnet & Payne 1986, Domsch i in. 1995, Fischer i Cook 1998, Pitt 2000, Klich 2002, Samson i in. 2004, Krzyściak i in. 2011, St-Germain i Summerbell 2011). Do identyfikacji cech biochemicznych drożdży wykorzystano test API C AUX (bioMérieux SA).

## 2.4. Pomiary wilgotności względnej i temperatury

Na każdym z wyznaczonych stanowisk pomiarowych przeprowadzono pomiar wilgotności względnej i temperatury powietrza za pomocą termohigrometru (model Omniport 20, prod. E+E Electronic GmbH, Austria).

## 2.4. Analiza statystyczna

Uzyskane dane pomiarowe opracowano statystycznie w oparciu o test Kruskala-Wallis'a oraz analizę korelacji Spearman'a z wykorzystaniem pakietu „STATISTICA data analysis software system”, wersja 7.1. (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, 2006), przyjmując za znamienne statystycznie wartości  $p < 0,05$ .

## 3. Wyniki i dyskusja

Średnie stężenia aerozoli bakteryjnego i grzybowego na lotniskach przedstawiono w tabeli 1. Na terenie terminali najwyższe średnie stężenie bakterii odnotowano w hali głównej ( $800 \text{ jtk/m}^3$ ), natomiast najwyższe średnie stężenie grzybów w hali przylotów ( $250 \text{ jtk/m}^3$ ). Test Kruskala-Wallis'a nie wykazał jednak statystycznie istotnych różnic w poziomach średnich stężeń mikroorganizmów w powietrzu pomiędzy poszczególnymi stanowiskami pomiarowymi na terenie badanych terminali. Porównanie wyników pomiarów dla badanych stanowisk oraz dla tła zewnętrznego wykazało, że średnie stężenia aerozolu bakteryjnego na lotniskach były znacząco wyższe ( $p < 0,01$ ) od stężeń tła zewnętrznego, natomiast stężenia aerozolu grzybowego były znacząco niższe ( $p < 0,01$ ).

Interpretacja wyników badań ilościowych bioaerozoli na lotniskach jest utrudniona ze względu na brak powszechnie uznanych wartości normatywnych czy referencyjnych. Oznaczenie stopnia mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza, które wyrażane jest liczbą jednostek tworzących kolonie (jtk) w  $1 \text{ m}^3$  powietrza, stosuje się obecnie jako najlepszą i najczęściej używaną miarę określającą narażenie na szkodliwe czynniki biologiczne. W ocenie higienicznej badanych obiektów wykorzystano propozycje dopuszczalnych stężeń mikroorganizmów w powietrzu dla pomieszczeń mieszkalnych, czyli w środowisku, w którym człowiek spędza większość swojego czasu w ciągu życia, zaproponowane przez Zespół Ekspertów ds. Czynników Biologicznych (ZECB) Międzyresortowej Ko-

misji ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy. Propozycje te określają m.in. wartości dopuszczalne stężeń mikroorganizmów w powietrzu w oparciu o wyniki pomiarów wolumetrycznych bioaerozoli (Augustyńska i Pośniak 2014). W odniesieniu do powietrza zewnętrznego, w ocenie ilościowej czynników mikrobiologicznych w 2011 r. ZECB przyjął założenie, że stężenie poszczególnych składników bioaerozoli w powietrzu atmosferycznym nie powinno przekraczać wartości dopuszczalnych zaproponowanych dla powietrza w pomieszczeniach (Górny i in. 2011). Zgodnie z powyższymi zalecanymi wartościami referencyjnymi, na stanowiskach pomiarowych oraz w tle zewnętrznym nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych stężeń mikroorganizmów w powietrzu.

**Tabela 1.** Stężenia bakterii i grzybów w powietrzu [ $\text{jtk}/\text{m}^3$ ] na stanowiskach pracy obsługi naziemnej ruchu lotniczego i w tle zewnętrznym (powietrze atmosferyczne)

**Table 1.** Concentrations of bacteria and fungi [ $\text{CFU}/\text{m}^3$ ] in the air at the check-in staff work environment and in the outside background (atmospheric air)

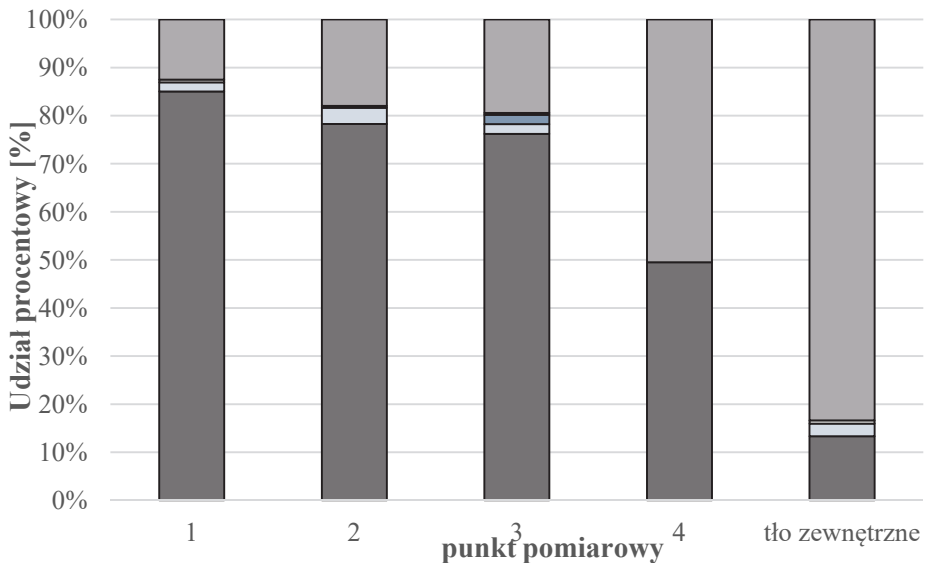
Stanowisko pomiarowe *)	Stężenie bakterii		Stężenie grzybów	
	mediana	zakres	mediana	zakres
1	800	500-2520	150	50-310
2	670	430-2950	100	80-530
3	620	510-1860	60	20-820
4	245	150-340	250	240-260
tło zewnętrzne	125	20-450	815	140-1440

\*) objaśnienia: 1 – punkt informacyjny w hali głównej, 2 – punkt odprawy biletowo-bagażowej, 3 – punkt kontroli bezpieczeństwa, 4 – punkt przy taśmie bagażowej w hali przylotów

Wszystkie pobrane próbki powietrza poddano również analizie jakościowej. Udziały procentowe poszczególnych grup mikroorganizmów w stosunku do całości mikrobioty wyizolowanej z próbek powietrza pobranych na badanych stanowiskach pracy przedstawiono na rysunku 1. W bioaerozolach dominowały ziarniki Gram-dodatnie oraz grzyby, które stanowiły odpowiednio do 85,0% oraz do 83,4% całości wyizolowanej

mikrobioty. Kolejną grupą mikroorganizmów pod względem częstości izolacji były: laseczki Gram-dodatnie wytwarzające przetrwalniki (do 3,4%), nieprzetrwalnikujące pałeczki Gram-dodatnie (do 1,4%), mezofilne promieniowce (do 0,7%) i pałeczki Gram-ujemne (do 0,4%).

Wyniki analizy taksonomicznej mikroorganizmów wyizolowanych z powietrza na badanych stanowiskach pomiarowych przedstawiono w tabeli 2. W badanych próbkach zidentyfikowano 17 gatunków bakterii należących do 7 rodzajów oraz 14 gatunków grzybów należących do 10 rodzajów. Wśród zidentyfikowanych szczepów bakterii najczęściej izolowano Gram-dodatnie ziarenkowce z rodzaju *Micrococcus*, *Kocuria* i *Staphylococcus*. Mikroorganizmy należące do tych rodzajów były obecne na wszystkich stanowiskach pomiarowych. Rodzaj *Staphylococcus* reprezentowany był przez 5 gatunków, natomiast *Kocuria* i *Micrococcus* odpowiednio przez 4 i 2 gatunki. Szczepy należące do powyższych rodzajów zwykle wchodzi w skład naturalnej mikrobioty człowieka, ale mogą również powszechnie występować w środowisku zewnętrznym. Niemniej jednak należący do grupy 2. zagrożenia *Staphylococcus aureus*, obecny w hali głównej, może być przyczyną zakażeń ropnych skóry, tkanek podskórnych oraz tkanek miękkich, jak również zakażeń układowych. Należy również zaznaczyć, że pozostałe szczepy z rodzaju *Staphylococcus* mogą być niebezpieczne dla osób z obniżoną odpornością i powodować różnego rodzaju zakażenia (m.in. wściezka, układu moczowego, skóry). Niekorzystne skutki zdrowotne u ludzi, w postaci zakażeń skóry i tkanki podskórnej, mogą wywoływać również mezofilne promieniowce z rodzaju *Streptomyces* zaliczane do grupy 2. zagrożenia, których obecność stwierdzono w punkcie kontroli bezpieczeństwa. Pozostałe bakterie Gram-dodatnie, a więc pałeczki nieprzetrwalnikujące z rodzaju *Microbacterium* oraz przetrwalnikujące laseczki *Bacillus* są bakteriami powszechnie występującymi w środowisku (głównie w glebie i na roślinach), które mogą przedostawać się do pomieszczeń poprzez instalację wentylacyjną, jak również mogą być przenoszone przez człowieka na powierzchni ubrań czy bagażu. W punkcie kontroli bezpieczeństwa stwierdzono również obecność pałeczek Gram-ujemnych z gatunku *Pseudomonas fluorescens*. Gatunek ten wchodzi w skład naturalnej mikrobioty środowiska, jednak u osób z obniżoną odpornością mogą powodować m.in. zakażenia dróg oddechowych i moczowych, zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych, jak również przyczyniać się do powstawania zakażeń ropnych skóry.



**Rys. 1.** Udziały procentowe grup mikroorganizmów w stosunku do całości mikrobioty wyizolowanej z próbek powietrza pobranych na badanych stanowiskach pracy. Kolory w kolumnach oznaczają odpowiednio: ■ ziarniaki Gram-dodatnie, □ laseczki Gram-dodatnie wytwarzające przetrwalniki, □ mezofilne promieniowce, ■ pałeczki Gram-ujemne, □ grzyby. Kolejne liczby oznaczają: 1 – punkt informacyjny w hali głównej, 2 – punkt odprawy biletowo-bagażowej, 3 – punkt kontroli bezpieczeństwa, 4 – punkt przy taśmie bagażowej w hali przylotów

**Fig. 1.** Percentage of microorganisms group in relations to the whole microbiota isolated from air samples collected at airports:

■ Gram-positive cocci, □ Gram-positive bacilli, □ mesophilic actinomycetes, ■ Gram-negative rods, □ fungi. The numbers mean: 1 – information office in the main hall, 2 – check-in area, 3 – security check area, 4 – arrivals hall

Mikrobiota grzybowa na badanych stanowiskach została zdominowana przez grzyby pleśniowe, niemniej jednak na wszystkich stanowiskach pomiarowych stwierdzono także obecność grzybów drożdżoidalnych z gatunku *Geotrichum candidum*. Wśród pleśni dominowały rodzaje: *Acremonium*, *Cladosporium*, *Penicilium* i *Scopulariopsis*. Zidentyfikowane grzyby wchodzą w skład naturalnej mikrobioty powietrza i w obserwowanych stężeniach nie stanowią zagrożenia dla osób z prawidłowo funkcjonującym układem odpornościowym. Niemniej jednak, grzyby ple-



śniowe występując w powietrzu nawet w niewielkiej ilości, mogą stać się przyczyną wielu niekorzystnych skutków zdrowotnych, np. chorób o podłożu alergicznym, astmy oskrzelowej, AZPP, alergii skórnych czy podrażnień.

**Tabela 2.** Rodzaje i gatunki bakterii i grzybów zidentyfikowane w powietrzu na terenie portów lotniczych

**Table 2.** Genera and species of bacteria and fungi identified in air at the airports

Wyizolowane mikroorganizmy		Stanowisko pomiarowe <sup>a)</sup>				
		1	2	3	4	tło
Bakterie	Ziarniaki Gram-dodatnie					
	<i>Staphylococcus hominis</i>	×	×			
	<i>Staphylococcus lentus</i>		×			×
	<i>Staphylococcus aureus</i> *	×				
	<i>Staphylococcus sciuri</i>	×		×		
	<i>Staphylococcus spp.</i> **	×	×	×		×
	<i>Kocuria kristinae</i>	×		×		
	<i>Kocuria rosea</i>	×	×	×		
	<i>Kocuria varians</i>	×	×			
	<i>Kocuria spp.</i>	×	×	×		×
	<i>Micrococcus luteus</i>		×			
	<i>Micrococcus spp.</i>	×	×	×	×	×
	Laseczki Gram-dodatnie					
	<i>Bacillus pumilus</i>		×	×		×
	<i>Bacillus sphaericus</i>		×			
	<i>Bacillus licheniformis</i>	×	×	×		×
	<i>Bacillus coagulans</i>	×	×	×		
	Pałeczki Gram-dodatnie nieprzetrwalnikujące					
	<i>Microbacterium spp.</i>			×		
	Mezofilne promieniowce					
	<i>Streptomyces spp.</i> *	×		×		×
	Pałeczki Gram-ujemne					
<i>Pseudomonas fluorescens</i>		×	×			

Tabela 2. cd.

Table 2. cont.

Wyizolowane mikroorganizmy		Stanowisko pomiarowe <sup>a)</sup>				
		1	2	3	4	tło
Grzyby	Grzyby pleśniowe					
	<i>Acremonium</i> spp.	×	×	×	×	
	<i>Alternaria</i> spp.		×	×		×
	<i>Cladosporium</i> spp.	×	×	×	×	×
	<i>Chrysosporium</i> spp.	×				
	<i>Fusarium culmorum</i>		×			
	<i>Penicillium commune</i>			×		
	<i>Penicilium purpurogenum</i>		×			×
	<i>Penicillium solitum</i>		×			
	<i>Penicillium variabile</i>		×	×		×
	<i>Penicillium</i> spp.**	×		×	×	×
	<i>Scopulariopsis</i> spp.	×	×	×	×	
	<i>Syncephalastrum racemosum</i>		×			
	<i>Ulocladium</i> spp.	×		×		×
Drożdże						
<i>Geotrichum candidum</i>	×	×	×	×		

<sup>a)</sup> Objaśnienia: 1 – punkt informacyjny w hali głównej, 2 – punkt odprawy biletowo-bagażowej, 3 – punkt kontroli bezpieczeństwa, 4 – punkt przy taśmie bagażowej w hali przylotów

„\*” – szczepy zakwalifikowane do grupy 2. zagrożenia wg rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 22.04.05. Dz. U. nr 81, poz. 716 ze zm.

„\*\*” – niektóre szczepy z tego rodzaju są zakwalifikowane do grupy 2. zagrożenia wg rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 22.04.05. Dz. U. nr 81, poz. 716 ze zm.

Średnie stężenia bakterii i grzybów na badanych powierzchniach przedstawiono w tabeli 3. Najbardziej zanieczyszczonymi powierzchniami, pod kątem obecności zarówno bakterii (169 jtk/cm<sup>2</sup>), jak i grzybów (16 jtk/cm<sup>2</sup>) były taśmy bagażowe w punkcie kontroli bezpieczeństwa (stanowisko e). Brak jest obecnie powszechnie ustalonych wartości normatywnych odnoszących się do stopnia zanieczyszczenia powierzchni wewnątrz użytkowych. W piśmiennictwie przedmiotu istnieją normatywy

higieniczne określające stopnie czystości pomieszczeń tzw. czystych w działaniu, według rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie wymagań dobrej praktyki wytwarzania (Dz.U. 2002, nr 224, poz. 1882) oraz pomieszczeń w zakładach przetwórstwa spożywczego (np. PN-A-82055-19). Niemniej jednak uwzględniając te normatywy należy pamiętać, że ze względu na charakter pomieszczeń, dla których są one proponowane, narzucają one bardzo wysokie wymagania co do jakości mikrobiologicznej powierzchni i jako takie mogą w odniesieniu do badanych powierzchni na stanowiskach pomiarowych stanowić jedynie orientacyjny punkt odniesienia. Dodatkowo, w piśmiennictwie przedmiotu istnieją również propozycje normatywów higienicznych określających stan higieniczny powierzchni pomieszczeń mieszkalnych oraz użyteczności publicznej zanieczyszczonych zarodnikami grzybów (Kemp i Neumeister-Kemp 2010) Biorąc pod uwagę wszystkie powyższe normatywy lub ich propozycje można stwierdzić, iż badane powierzchnie charakteryzują się wysokim zanieczyszczeniem mikrobiologicznym.

**Tabela 3.** Stężenia bakterii i grzybów w próbkach wymazów powierzchniowych [jtk/cm<sup>2</sup>]

**Table 3.** Results of quantitative and qualitative analysis of surface samples [CFU/cm<sup>2</sup>] (averages, ranges and standard deviations)

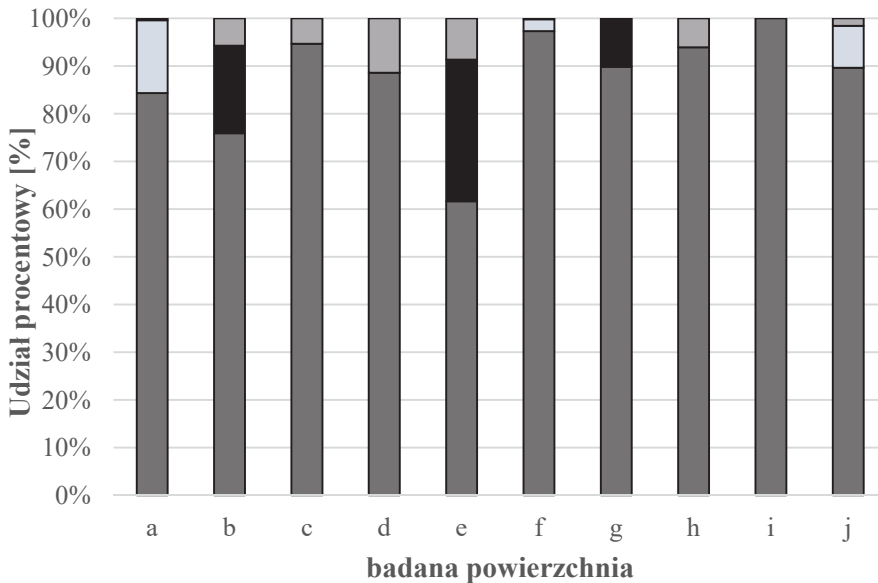
Stanowisko pomiarowe*)	Liczba bakterii		Liczba grzybów	
	Mediana	Zakres	Mediana	Zakres
a	24,3	17,6-29	0,1	0-0,38
b	91,8	87,5-96	5,6	0-11,2
c	23	5,4-40,8	1,3	0,9-1,7
d	1,6	1,4-1,8	0,2	0,1-0,2
e	169	164-174	16	15,7-16,2
f	49,9	49,8-50	0,1	0-0,3
g	11,3	11,1-11,5	0	0
h	58,8	15,6-102	3,8	0-7,6
i	37,6	36,9-38,2	0	0
j	24,5	23,3-25,9	0,4	0,1-0,8

\*) Objasnienia: a – blaty w punkcie odprawy bagażowo-biletowej, b – taśmy bagażowe w punkcie odprawy bagażowo-biletowej, c – poręcze w punkcie odprawy bagażowo-biletowej; d – blaty w punkcie kontroli bezpieczeństwa, e – taśmy бага-

żowe w punkcie kontroli bezpieczeństwa, f – pojemniki na bagaże w punkcie kontroli bezpieczeństwa, g – rolki do przesuwania bagażu w punkcie kontroli bezpieczeństwa; h – taśmy bagażowe w hali przylotów, i – blaty w punkcie informacyjnym w hali głównej, j – poręcze w punkcie informacyjnym w hali głównej

Wymazy powierzchniowe poddano również analizie jakościowej. Udziały procentowe poszczególnych grup mikroorganizmów w stosunku do całości mikrobioty wyizolowanej z próbek wymazów przedstawiono na rysunku 2. Dominującą grupą mikroorganizmów na badanych powierzchniach były bakterie, które stanowiły od 88,6% do 100% całości mikrobioty. Wśród nich najczęściej izolowaną grupą były ziarniaki Gram-dodatnie (61,5-100%). Kolejnymi pod względem częstości izolacji były: pałeczki Gram-ujemne (do 29,6%) oraz laseczki Gram-dodatnie wytwarzające przetrwalniki (do 15,3%). Na badanych powierzchniach nie stwierdzono obecności nieprzetrwalnikujących pałeczek Gram-dodatnich oraz mezofilnych promieniowców. Wśród badanych powierzchni, pod względem największej liczby bakterii Gram-ujemnych, odznaczały się taśma bagażowa i rolki do przesuwania bagażu w strefie kontroli bezpieczeństwa (stanowiska e oraz g) oraz taśma bagażowa na stanowisku odprawy bagażowo-biletowej (stanowisko b).

Wyniki analizy taksonomicznej mikroorganizmów wyizolowanych z powierzchni przedstawiono w tabeli 4. W badanych próbkach zidentyfikowano 23 gatunki bakterii należące do 8 rodzajów oraz 15 gatunków grzybów należących do 12 rodzajów. Wśród bakterii najczęściej izolowane były, podobnie jak w przypadku próbek powietrza, ziarniaki Gram-dodatnie z rodzaju *Micrococcus* i *Staphylococcus*, które były obecne na wszystkich stanowiskach pomiarowych. Rodzaj *Staphylococcus* reprezentowany był przez 8 gatunków, a *Micrococcus* przez 1 gatunek. Szczepy należące do powyższych rodzajów stanowią naturalną mikrobiotę człowieka, jak również mogą powszechnie występować w środowisku zewnętrznym. Niemniej jednak, należący do grupy 2. zagrożenia *Staphylococcus aureus*, obecny na powierzchni taśm bagażowych w strefie kontroli może powodować ropne zakażenia skóry, tkanek podskórnych, tkanek miękkich oraz zakażeń układowych. Należy również zaznaczyć, iż pozostałe szczepy z rodzaju *Staphylococcus* mogą być niebezpieczne dla osób z obniżoną odpornością i powodować różnego rodzaju choroby zakaźne.



**Rys. 2.** Udziały procentowe grup mikroorganizmów w stosunku do całości mikrobioty wyizolowanej z wymazów powierzchniowych pobranych na terenie portów lotniczych. Kolory w kolumnach oznaczają odpowiednio:

■ ziarniaki Gram-dodatnie, □ laseczki Gram-dodatnie wytwarzające przetrwalniki, ■ pałeczki Gram-ujemne, ▒ grzyby. Kolejne litery oznaczają: a – blaty w punkcie odprawy bagażowo-biletowej, b – taśmy bagażowe w punkcie odprawy bagażowo-biletowej, c – poręcze w punkcie odprawy bagażowo-biletowej; d – blaty w punkcie kontroli bezpieczeństwa, e – taśmy bagażowe w punkcie kontroli bezpieczeństwa, f – pojemniki na bagaże w punkcie kontroli bezpieczeństwa, g – rolki do przesuwania bagażu w punkcie kontroli bezpieczeństwa; h – taśmy bagażowe w hali przylotów, i – blaty w punkcie informacyjnym w hali głównej, j – poręcze w punkcie informacyjnym w hali głównej

**Fig. 2.** Percentage of microorganisms group in relations to the whole microbiota isolated from surface samples collected at airports:

■ Gram-positive cocci, □ Gram-positive bacilli, ■ Gram-negative rods, ▒ fungi. Letters mean: a – countertops in check-in area, b – luggage tapes in check-in area, c – handrails in check-in area, d – countertops in security check area, e – luggage tapes in security check area, f – luggage containers in security check area, g – luggage rollers in security check area, h – luggage tapes in arrivals hall, i – countertops in information office in the main hall, j – handrails in information office in the main hall



Tabela 4. cd.

Table 4. cont.

Wyizolowane mikroorganizmy		Miejsce pobrania wymazu <sup>a)</sup>									
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
Grzyby	Grzyby pleśniowe										
	<i>Acremonium</i> spp.				×						
	<i>Alternaria</i> spp.					×					
	<i>Byssochlamys</i> spp.			×							
	<i>Cladosporium</i> spp.					×					
	<i>Penicillium commune</i>					×					
	<i>Penicillium chrysogenum</i>										×
	<i>Penicillium</i> spp.*					×					×
	<i>Rhizopus oryzae</i>										×
	<i>Scopulariopsis</i> spp.			×							
	<i>Sporobolomyces salmonicolor</i>										×
	Drożdże										
	<i>Cryptococcus laurentii</i>	×		×							×
	<i>Trichosporon asahii</i>		×			×			×		
	<i>Candida pelliculosa</i>			×							
	<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>			×							
<i>Rhodotorula</i> spp.			×							×	

a) a – blaty w punkcie odprawy bagażowo-biletowej, b – taśmy bagażowe w punkcie odprawy bagażowo-biletowej, c – poręcze w punkcie odprawy bagażowo-biletowej; d – blaty w punkcie kontroli bezpieczeństwa, e – taśmy bagażowe w punkcie kontroli bezpieczeństwa, f – pojemniki na bagaże w punkcie kontroli bezpieczeństwa, g – rolki do przesuwania bagażu w punkcie kontroli bezpieczeństwa; h – taśmy bagażowe w hali przylotów, i – blaty w punkcie informacyjnym w hali głównej, j – poręcze w punkcie informacyjnym w hali głównej

„\*” – mikroorganizmy zakwalifikowane do grupy 2. zagrożenia wg rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 22.04.05. Dz. U. nr 81, poz. 716 ze zm.

„\*\*” – niektóre szczepy z tego rodzaju są zakwalifikowane do grupy 2. zagrożenia wg rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 22.04.05. Dz. U. nr 81, poz. 716 ze zm.

Pałeczki Gram-ujemne, które występowały na powierzchni taśmy bagażowej (stanowisko r) i rolek do przesuwania bagażu (stanowisko g) w strefie kontroli bezpieczeństwa oraz taśmy bagażowej na stanowisku odprawy bagażowo-biletowej (stanowisko b) zostały najprawdopodobniej przeniesione z bagażem pasażerów, który w trakcie transportu styka się z glebą, ponieważ zidentyfikowane szczepy bakterii Gram-ujemnych, tj. *Pantoea* spp., *Sphingomonas paucimobilis* i *Rhizobium radiobacter* są typowymi bakteriami pochodzenia glebowego i roślinnego.

W piśmiennictwie przedmiotu brakuje danych dotyczących zanieczyszczenia powietrza i powierzchni na terenie obiektów obsługujących pasażerów ruchu lotniczego. Na terenie badanych terminali stężenia aerozolu bakteryjnego wynosiły od 125 jtk/m<sup>3</sup> do 800 jtk/m<sup>3</sup>. Dybwad i wsp. (2012) podają, że zanieczyszczeniem tego samego rzędu wielkości (średnia 403 jtk/m<sup>3</sup>) charakteryzują się badane przez autorów stacje metra. W przypadku powierzchni, zanieczyszczenie bakteriami wahało się od 1,6 do 169 jtk/cm<sup>2</sup>, a dla grzybów od 0 do 16 jtk/cm<sup>2</sup>. Otrzymane wyniki wskazują na wyższe zanieczyszczenie mikrobiologiczne powierzchni na terenie terminalu lotniska, niż powierzchni w innych obiektach użyteczności publicznej związanych z transportem – takich jak autobusy, metro i stacje metra, opublikowane przez Otter i French (2009), gdzie 95% badanych powierzchni charakteryzowało się średnimi zanieczyszczeniem mikrobiologicznym na poziomie 12 jtk/cm<sup>2</sup>. W badanych próbkach powietrza i wymazów dominowały ziarniaki Gram-dodatnie z rodzaju *Micrococcus*, *Kocuria* i *Staphylococcus*. Gram-dodatnie ziarniaki były także najczęściej izolowaną grupą bakterii w powietrzu na wspomnianych stacjach metra (Dybwad i wsp. 2012). Wśród pleśni dominowały rodzaje: *Acremonium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Penicillium* i *Scopulariopsis*. Otrzymane wyniki potwierdzają dane opublikowane przez McKernan i in. (2007) według których dominującą grupą grzybów w powietrzu na terenie portów lotniczych stanowią przede wszystkim rodzaje *Cladosporium* i *Penicillium*. Nieliczne dane potwierdzają obecność na terenie terminali lotniczych szkodliwych czynników mikrobiologicznych, mogących stać się przyczyną zakażeń u ludzi. Wysokie stężenia bakterii i grzybów obserwowane są szczególnie w trakcie wzmożonego ruchu podróżnych, a wśród identyfikowanych mikroorganizmów obecne są zazwyczaj bakterie Gram-dodatnie z rodzajów *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Corynebacterium*, *Propionibacterium*, *Kocuria*, *Bacil-*



lus, *Rhodococcus*, *Micrococcus*, *Microbacterium*, bakterie Gram-ujemne z rodzajów *Flavobacterium*, *Methylobacterium*, *Pseudomonas* sp. non-aeruginosa, *Stenotrophomonas maltophilia* i *Shewanella putrefaciens* oraz grzyby z rodzajów *Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus* (w tym gatunki *Aspergillus flavus* i *Aspergillus fumigatus*), *Botrytis*, *Cladosporium*, *Eurotium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Oidiodendron*, *Paecilomyces variotii*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Rhodotorula*, *Scopulariopsis*, *Sporobolomyces*, *Stachybotrys*, *Syncephalastrum* i *Ulocladium* (McManus i Kelley 2005; McKernan i in. 2008; McKernan i in. 2007).

Na wyznaczonych stanowiskach pomiarowych zmierzono temperaturę i wilgotność względną powietrza. Temperatura powietrza wahała się od 20,1°C do 25,7°C, natomiast wilgotność od 25,7% do 57,2%. Na podstawie wyników korelacji Spearman'a stwierdzono, że temperatura powietrza oraz wilgotność względną powietrza nie determinowała w sposób znaczący wielkości obserwowanych stężeń bioaerozoli – brak istotnych korelacji pomiędzy parametrami mikroklimatu, a stężeniami badanych bioaerozoli ( $p > 0,05$ ).

#### 4. Podsumowanie i wnioski

Otrzymane wyniki badań wskazują, że stężenia bakterii i grzybów w powietrzu na terenie terminali lotniczych były niskie, natomiast powierzchnie charakteryzowały się wysokim zanieczyszczeniem mikrobiologicznym. W bioaerozolach oraz powierzchniach na lotniskach mogą występować potencjalnie chorobotwórcze bakterie i grzyby należące do grupy 2. zagrożenia. Bezpośredni kontakt z tymi drobnoustrojami, szczególnie u osób z obniżoną odpornością organizmu może spowodować niekorzystne skutki zdrowotne, w postaci m.in. zakażeń czy reakcji alergicznych. Jednocześnie należy pamiętać, że grzyby pleśniowe występując w powietrzu nawet w niskich stężeniach mogą być przyczyną wielu niekorzystnych skutków zdrowotnych, w tym chorób o podłożu alergicznym, astmy oskrzelowej, alergicznego zapalenia pęcherzyków płucnych, alergii skórnych czy podrażnień.

## Literatura

- Augustyńska, D., Pośniak, M. (2014). *Międzyresortowa Komisja ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy – Czynniki szkodliwe w środowisku pracy - Wartości dopuszczalne*. Warszawa: CIOP PIB.
- Barnett, J., Payne, R.W. (1986). *Yeast: Characteristic and identification*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Domsch, K.H., Gams, W., Anderson, T.H. (1995) *Compendium of soil fungi*. London: Academic Press.
- Dutkiewicz, J. (1978). Exposure to dust-borne bacteria in agriculture. I. Environmental studies. *Archives of Environmental Health*, 33, 250-259.
- Dybwad, M., Granum, P.E., Bruheim, P., Blatny, J.M. (2012). Characterization of airborne bacteria at an underground subway station. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(6), 1917-1929.
- Fisher, F., Cook N.B. (1998). *Fundamentals of diagnostic mycology*. Philadelphia: WB Saunders Company.
- Górny, R.L., Cyprowski, M., Ławniczek-Wałczyk, A., Gołofit-Szymczak, M., Zapór, L. (2011). *Biohazards In the indoor environment – a role for threshold values in exposure assessment*, Management of Indoor Air Quality – Dudzińska (ed).
- Holt, J.G., Krieg, N.R., Sneath, P.H.A., Stanley, J.T., Williams, S.T. (1994). *Bergey's manual of determinative bacteriology*. Baltimore: Williams and Wilkins.
- Jensen, P.A., Schafer, M.P. (1998). *Sampling and characterization of bioaerosols. NIOSH manual of analytical methods*. Atlanta: National Institute for Occupational Safety and Health.
- Kemp, P., Neumeister-Kemp, H. (2010). *Australian mould guideline*. Australia: The Enviro Trust, Osborne Park.
- Klich, M.A. (2002). *Identification of common Aspergillus species*. Utrecht: Centraalbureau voor Schimmelcultures.
- Krzyściak, P., Skora, M., Macura, A.B. (2011). *Atlas grzybów chorobotwórczych człowieka*. Wrocław: MedPharm.
- Macher, J. (1999). *American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Bioaerosols: Assessment and control*. ACGIH: Cincinnati.
- McManus, C.J., Kelley, S.T. (2005). Molecular survey of aeroplane bacterial contamination. *Journal of Applied Microbiology*, 99, 502-508.
- McKernan, L.T., Wallingford, K.M., Hein, M.J., Burge, H., Rogers, C.A., Herrick, R. (2008). Monitoring Microbial Populations on Wide-Body Commercial Passenger Aircraft. *Annals of Occupational Hygiene*, 52(2), 139-149.

- McKernan, L.T., Burge, H., Wallingford, K.M., Hein, M.J., Herrick, R. (2007). Evaluating fungal populations by genera/species on wide body commercial passenger aircraft and in airport terminals. *Annals of Occupational Hygiene*, 51(3), 281-291.
- Pitt, J.I. (2000). *A laboratory guide to common Penicillium species*. North Ryde: Food Science Australia.
- Polska Norma PN-EN 13098 (2007). Powietrze na stanowiskach pracy – Wytyczne dotyczące pomiaru zawieszonych w powietrzu mikroorganizmów i endotoksyn. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- Polska Norma PN-A-82055-19 (2000). Mięso i przetwory mięsne. Badania mikrobiologiczne: Oznaczanie zanieczyszczenia mikrobiologicznego powierzchni urządzeń, sprzętów, pomieszczeń oraz opakowań i rąk pracowników. Warszawa, Polski Komitet Normalizacyjny.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 03.12.2002 w sprawie wymagań dobrej praktyki wytwarzania. Dziennik Ustaw nr 224, poz. 1882.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22.04.2005 w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki. Dziennik Ustaw nr 81, poz. 716, ze zm.
- Samson, R.A., Hoekstra, E.S., Frisvad, J.C. (2004). *Introduction to food- and airborne fungi*. Utrecht: Centraalbureau voor Schimmelcultures.
- Schaumburg, F., Köck, R., Leendertz, F.H., Becker, K. (2016). Airport door handles and the global spread of antimicrobial-resistant bacteria: a cross sectional study. *Clinical Microbiology and Infection*, 22(12), 1010-1011.
- St-Germain, G., Summerbell, R. (2011). *Identifying filamentous fungi. A clinical laboratory handbook*. Belmont: Star.
- Wilson, M.E. (2003). The traveler and emerging infections: sentinel, courier, transmitter. *Journal of Applied Microbiology*, 94(Suppl.), 1-11.

## **Microbiological Agents at Selected Domestic Airports**

### **Abstract**

One of the hazards, both for passengers and for the workers at the airport terminals, are harmful biological agents emitted from the ventilation system, transported baggage and emitted by the passengers. These bacteria and fungi can cause adversely health effects on the human body through toxic, irritating and allergenic action. The data regarding microbial characteristic of bioaerosols and surfaces at the airports are scarce. The aim of the study was a quantitative and

qualitative evaluation of microbial contamination of bioaerosols and surface swabs collected at selected domestic airport terminals.

The samples were collected during 7 months from April to October at 3 domestic airport terminals. Each of them serves over 2 mln passengers. Air sampling was carried out with stationary, volumetric method using the MAS impactor (model 100, Merck, Darmstadt, Germany). Samples of surface swabs were collected with a sterile swab soaked with 0,9% NaCl with a disposable sterile template of 100 cm<sup>2</sup> area (MEUS S.R.L., Piove Di Sacco, Italy). The concentration of microorganisms in bioaerosols was expressed in colony forming units per 1 m<sup>3</sup> [CFU/m<sup>3</sup>] and the concentration of microorganisms on surfaces in colony forming units per 1 cm<sup>2</sup> surface [CFU/cm<sup>2</sup>]. Statistical analyses were carried out with Kruskal-Wallis and Spearman correlation test using STATISTICA.

Identification of microorganisms was based on macroscopic and microscopic analysis of morphological features of colonies, supplemented, in the case of bacteria and yeasts, with biochemical analysis using API diagnostic kits.

The highest concentration of bacteria was detected in the main hall (800 CFU/m<sup>3</sup>), while the highest concentration of fungi in the arrivals hall (250 CFU/m<sup>3</sup>). The most contaminated surfaces, both with bacteria (169 CFU/cm<sup>2</sup>) and fungi (16 CFU/cm<sup>2</sup>) were luggage straps at the security check area. The predominant group of microorganisms in bioaerosols as well as on surface were bacteria, which constituted 40% to 100% and 88.6% to 100% of the total microbiota, respectively.

The air temperature and relative humidity of the air did not significantly determine the concentration of bioaerosols.

The qualitative analysis showed the presence of bacterial and fungal saprophytic strains belonging to the 1. risk group, and species belonging to the 2. risk group (*Staphylococcus aureus*, *Streptomyces* spp.), which are responsible for numerous adverse health outcomes and diseases

## Streszczenie

Jednym z zagrożeń, zarówno dla pasażerów, jak i dla pracowników terminali lotniczych są szkodliwe czynniki biologiczne pochodzące z instalacji wentylacyjnych i przewożonego bagażu oraz te emitowane przez pasażerów. Wspomniane mikroorganizmy bakteryjne i grzybowe mogą wywierać niekorzystny wpływ na organizm człowieka poprzez działanie toksyczne, drażniące i alergizujące. W piśmiennictwie przedmiotu brakuje danych dotyczących zanieczyszczenia powietrza i powierzchni na terenie lotnisk. Celem niniejszej pracy była ocena ilościowa i jakościowa próbek bioaerozoli i wymazów powierzchniowych pobranych na terenie wybranych krajowych portów lotniczych.

Badania zostały przeprowadzone w czasie siedmiu miesięcy, w okresie od kwietnia do października na terenie 3 krajowych terminali lotniczych, z których każde obsługuje powyżej 2 mln pasażerów. Pobieranie próbek powietrza przeprowadzone zostało stacjonarnie, metodą wolumetryczną za pomocą impaktora MAS (model 100, Merck, Darmstadt, Niemcy). Próbki wymazów powierzchniowych pobierano sterylną wymazówką zwilżoną solą fizjologiczną z wykorzystaniem jednorazowego sterylnego szablonu o powierzchni 100 cm<sup>2</sup> (MEUS S.R.L., Piove Di Sacco, Włochy). Stężenie mikroorganizmów w powietrzu wyrażano w jednostkach tworzących kolonie na 1 m<sup>3</sup>, [jtk/m<sup>3</sup>] natomiast stężenie mikroorganizmów na powierzchniach w jednostkach tworzących kolonie na 1 cm<sup>2</sup> powierzchni [jtk/cm<sup>2</sup>]. Uzyskane dane pomiarowe opracowano statystycznie w oparciu o test Kruskala-Wallis'a oraz analizę korelacji Spearman'a z wykorzystaniem programu STATISTICA.

Identyfikację mikroorganizmów przeprowadzono w oparciu o analizę makroskopową i mikroskopową cech morfologicznych kolonii, uzupełnioną w przypadku bakterii i drożdży o analizę ich cech biochemicznych z zastosowaniem testów diagnostycznych API.

Najwyższe średnie stężenie bakterii w powietrzu odnotowano w hali głównej (800 jtk/m<sup>3</sup>), natomiast najwyższe średnie stężenie grzybów w hali przylotów (250 jtk/m<sup>3</sup>). Najbardziej zanieczyszczonymi powierzchniami, pod kątem obecności zarówno bakterii (169 jtk/cm<sup>2</sup>), jak i grzybów (16 jtk/cm<sup>2</sup>) były taśmy bagażowe w punkcie kontroli bezpieczeństwa. W próbkach powietrza i na powierzchniach dominującą grupą mikroorganizmów były bakterie, które stanowiły odpowiednio od 40% do 100% oraz od 88,6% do 100% całości mikrobioty.

Temperatura powietrza oraz wilgotność względna powietrza nie determinowała w sposób znaczący wielkości obserwowanych stężeń bioaerozoli.

Jak wskazują wyniki analizy jakościowej, w bioaerozolach i na powierzchniach na terenie terminali lotniczych mogą występować zarówno bakteryjne i grzybowe szczepy saprofityczne należące do grupy 1. zagrożenia, jak i gatunki zaliczane do grupy 2. zagrożenia (*Staphylococcus aureus*, *Streptomyces* spp.), które mogą być przyczyną różnych chorób i dolegliwości zdrowotnych.

### **Słowa kluczowe:**

szkodliwe czynniki biologiczne, bioaerozol, terminal lotniczy

### **Keywords:**

harmful biological agents, bioaerosol, airport terminal