

Alina Buczyńska

Małgorzata Sowiak

Irena Szadkowska-Stańczyk

OCENA EKSPOZYCJI ZAWODOWEJ NA DROBNOUSTROJE MEZOFILNE PODCZAS PRAC ZWIĄZANYCH Z PRODUKCJĄ PODŁOŻA DO PRZEMYSŁOWEJ UPRAWY GRZYBÓW

OCCUPATIONAL EXPOSURE TO MESOPHILIC MICROORGANISMS ASSOCIATED WITH COMMERCIAL PROCESSING OF COMPOST FOR MUSHROOM PRODUCTION

Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Łódź

Zakład Środowiskowych Zagrożeń Zdrowia

STRESZCZENIE

Wstęp: Celem badań była charakterystyka stanowisk pracy związanych z produkcją podłoża do uprawy przemysłowej grzybów pod kątem narażenia osób zatrudnionych na drobnoustroje mezofilne występujące w powietrzu. **Materiał i metody:** Badania przeprowadzono w okresie letnim. Próby powietrza na obecność czynników biologicznych pobrano w trzech powtórzeniach, bezpośrednio na płytki agarowe z wykorzystaniem pobornika firmy Burkard. Ocena ilościową i jakościową bakterii mezofilnych oraz grzybów mezofilnych przeprowadzono na podstawie standardowych procedur z użyciem diagnostycznych pożywek mikrobiologicznych i testów biochemicznych, cech morfologicznych kolonii oraz obrazu mikroskopowego. **Wyniki:** Średnie stężenia drobnoustrojów mezofilnych w powietrzu środowiska pracy związanego z produkcją podłoża do uprawy przemysłowej grzybów są zróżnicowane w zależności od rodzaju wykonywanych czynności zawodowych. Najwyższe stężenie bakterii mezofilnych ($4,17 \times 10^4$ cfu/m³) stwierdzono podczas mieszania słomy z wodą oraz w trakcie załadunku przyzmy finalnej do tunelu pasteryzacyjnego ($3,54 \times 10^4$ cfu/m³). Najwyższy poziom grzybów mezofilnych ($1,62 \times 10^4$ cfu/m³) oznaczono w próbie powietrza pobranej podczas ręcznego rozwijania i rozrzucania słomy oraz podczas dozowania grzybni do spasteryzowanego kompostu ($1,15 \times 10^4$ cfu/m³). Spośród 33 gatunków drobnoustrojów zidentyfikowanych na poszczególnych stanowiskach pracy w wykazie szkodliwych czynników biologicznych w miejscu pracy (2 grupa zagrożenia) znajdują się bakterie *Pasteurella* sp., *Proteus mirabilis*, *Streptomyces* sp., *Corynebacterium* sp. oraz grzyb pleśniowy *Aspergillus fumigatus*. **Wnioski:** Stwierdzona w powietrzu obecność drobnoustrojów patogennych wskazuje, że pracownicy zatrudnieni przy produkcji podłoża do hodowli grzybów powinni stosować środki ochrony indywidualnej zabezpieczające szczególnie drogi oddechowe i skórę. Med. Pr. 2008;59(5):373–379

Słowa kluczowe: podłoże do uprawy grzybów, narażenie zawodowe, bioaerozole, drobnoustroje mezofilne, bakterie, grzyby

ABSTRACT

Background: The aim of the study was to assess the occupational exposure to mesophilic microorganisms associated with commercial processing of compost for mushroom production. **Materials and Methods:** The air samples for microbiological analysis were collected directly on Petri dishes with Malt Extract Agar medium using Burkard Air Sampler. The quantitative and qualitative identification of mesophilic bacteria and mesophilic fungi were performed using the standard microbiological procedures. **Results:** Considerable variation in exposure to bioaerosols within the sectors of compost production were observed. The highest level of mesophilic bacteria in the air (4.17×10^4 cfu/m³) was measured during the mixing of raw materials with water and loading of the final compost piles to the pasteurization tunnels (3.54×10^4 cfu/m³). The highest concentration of mesophilic fungi was found in the air samples collected during the manual unrolling of straw (1.62×10^4 cfu/m³) and dosing of mycelium to the compost (1.15×10^4 cfu/m³). Among 33 identified bacteria and fungi species, *Pasteurella* sp, *Proteus mirabilis*, *Streptomyces* sp, *Corynebacterium* sp and *Aspergillus fumigatus* create the potential risk for health of exposed workers. **Conclusions:** The presence of microorganisms found in the air creates the potential risk for human health, therefore the use of personal equipment, protecting the respiratory tract and skin of exposed workers is strongly recommended. Med Pr 2008;59(5):373–379

Key words: compost for mushroom production, occupational exposure, bioaerosols, mesophilic microorganisms, bacteria, fungi

Adres autorów: Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Zakład Środowiskowych Zagrożeń Zdrowia, św. Teresy 8, 91-348 Łódź, e-mail: alina@imp.lodz.pl

Nadesłano: 1 lipca 2008

Zatwierdzono: 4 sierpnia 2008

* Praca wykonana w ramach zadania finansowanego z dotacji na działalność statutową nr IMP 3.2/2007 pt. „Ekspozycja zawodowa na bioaerozole oraz ocena dynamiki zmian w funkcjonowaniu układu oddechowego pracowników zatrudnionych przy produkcji podłoża do uprawy grzybów”. Kierownik zadania: dr Alina Buczyńska.

WSTĘP

Uprawa przemysłowa grzybów, w warunkach polskich głównie pieczarki i bocznika, opiera się na stosowaniu wysokiej jakości podłoża zapewniających prawidłowy wzrost i rozwój grzybów. W produkcji podłoża do hodowli grzybów można wyróżnić dwa podstawowe etapy. Etap pierwszy obejmuje odpowiednie przygotowanie surowców, tj. słomy, odchodów kurzych, gipsu, gnojówki, mocznika, a następnie ich obróbkę oraz przekształcenie w wyniku tzw. niekontrolowanych procesów fermentacyjnych. Etap drugi obejmuje pasteryzację podłoża wstępnego uzyskanego w pierwszej fazie produkcji oraz wytworzenie właściwej kostki przeznaczonej do bezpośredniego użytku (1).

Produkcja podłoża do hodowli przemysłowej grzybów stanowi źródło potencjalnych zagrożeń biologicznych. Organiczny charakter surowców oraz technologia produkcji oparta na procesach fermentacyjnych stwarzają doskonałe środowisko dla występowania i intensywnego rozwoju mikroorganizmów (wysoka wilgotność i temperatura kompostowanego materiału), w szczególności drobnoustrojów mezofilnych (optymalna temperatura wzrostu 30–37°C) oraz termofilnych (optymalna temperatura wzrostu ok. 50°C). Oznaczane stężenia drobnoustrojów w kompostowanym materiale mogą osiągać poziom 10^8 – 10^{10} cfu/g kompostu w przypadku promieniowców, bakterii mezofilnych, oraz 10^4 – 10^6 cfu/g kompostu w przypadku grzybów mezofilnych (2,3).

Większość czynności zawodowych związanych z produkcją podłoża jest wykonywana na otwartej przestrzeni i towarzyszy im intensywne wytwarzanie bioaerozoli (np. podczas mieszania surowców w basenach, przerzucania pryzm, załadunku bunkrów fermentacyjnych oraz tuneli pasteryzacyjnych), w których składzie oprócz drobnoustrojów typowo środowiskowych znajdują się również patogeny. Te z kolei ze względu na właściwości infekcyjne, toksyczne lub alergizujące stanowią potencjalne zagrożenie dla osób zatrudnionych (4–11), a także dla osób zamieszkujących w bezpośrednim sąsiedztwie zakładów (12).

Doniesienia naukowe dotyczące skutków zdrowotnych narażenia na bioaerozole w tej grupie zawodowej wskazują, że u osób zatrudnionych bezpośrednio przy produkcji podłoża odnotowuje się częstsze przypadki chronicznego kaszlu, przewlekłych infekcji górnych dróg oddechowych, alergii, obniżenia wartości parametrów czynnościowych układu oddechowego oraz astmy oskrzelowej niż w grupach kontrolnych nienarażonych zawodowo na szkodliwości biologiczne (13–16).

Obecnie na terenie kraju działa ponad 60 zakładów wytwarzających podłoża do hodowli grzybów,

zatrudniających około 2500 osób. Do chwili obecnej pracownicy tej branży nie byli objęci badaniami mającymi na celu określenie poziomu ekspozycji zawodowej na szkodliwe czynniki biologiczne oraz związanych z tym efektów zdrowotnych.

Celem badań była charakterystyka stanowisk pracy związanych z produkcją podłoża do uprawy przemysłowej grzybów pod kątem narażenia osób zatrudnionych na drobnoustroje mezofilne występujące w powietrzu.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w okresie letnim na terenie zakładu produkującego podłoża do uprawy pieczarki, zatrudniającego 50 mężczyzn o średnim stażu pracy wynoszącym około 7 lat. Podczas wizji lokalnej obiektu zapoznano się z technologią produkcji i na tej podstawie wyodrębniono 13 stanowisk, które uwzględniono przy ocenie narażenia zawodowego pracowników na drobnoustroje mezofilne. Wykaz stanowisk pracy objętych badaniami przedstawiono poniżej.

- Stanowisko 1. Ręczne rozwijanie zbelowanej słomy i jej rozrzucanie na otwartym, zlokalizowanym w centralnej części zakładu placu.
- Stanowisko 2. Przygotowanie surowców do produkcji. Mieszanie gipsu, odchodów kurzych oraz słomy w basenach wypełnionych wodą. Przerzucanie uwodnionego materiału za pomocą kompaktora z basenów na wybetonowany plac. Tworzenie pryzmy początkowej.
- Stanowisko 3. Przerzucanie świeżej pryzmy za pomocą kompaktora w celu równomiernego napowietrzenia materiału.
- Stanowisko 4. Przesypywanie pryzmy początkowej w inne miejsce w celu dalszego napowietrzenia.
- Stanowisko 5. Załadunek pryzmy początkowej za pomocą taśmociągu do zadaszonych tuneli fermentacyjnych.
- Stanowisko 6. Opróżnianie tuneli fermentacyjnych. Przenoszenie kompostu za pomocą kompaktora na plac obok tuneli pasteryzacyjnych. Utworzenie pryzmy finalnej.
- Stanowisko 7. Nabieranie podajnikiem materiału z pryzmy finalnej.
- Stanowisko 8. Załadunek pryzmy finalnej na taśmociąg. Transport kompostu w kierunku tuneli pasteryzacyjnych.
- Stanowisko 9. Zrzut kompostu z taśmociągu do komory pasteryzacyjnej. Zamknięcie tuneli pasteryzacyjnych.

- Stanowisko 10. Kontrolowanie przesuwanego się spasteryzowanego kompostu na taśmie w zamkniętej hali produkcyjnej.
- Stanowisko 11. Dozowanie grzybni do przesuwanego się na taśmie spasteryzowanego kompostu. Przemieszanie kompostu z grzybnią. Utworzenie zafoliowanych brykietów, tzw. kostki.
- Stanowisko 12. Ręczny odbiór zafoliowanych brykietów z taśmociągu. Selekcja brykietów. Odrzucenie brykietów pękniętych. Układanie brykietów szczelnych na palety.
- Stanowisko 13. Portiernia zlokalizowana przy wjeździe na teren zakładu. Sprawowanie ochrony nad zakładem.

Pobór prób

Badania przeprowadzono w czerwcu 2007 roku. Próbkę powietrza pobrano w trzech powtórzeniach metodą zdzierzeniową (PN-EN 14042), z wykorzystaniem pobornika Burkard Air Sampler, bezpośrednio na płytki agarowe o średnicy 90 mm, w czasie 1 i 3 min, przy zachowaniu przepływu 20 l/min, co pozwoliło na pobranie odpowiednio 20 l i 60 l powietrza. Próbki bezpośrednio po pobraniu zostały przetransportowane do laboratorium analitycznego.

Podczas poboru próbek na wszystkich stanowiskach pracy dokonano pomiaru wybranych parametrów mikroklimatu (temperatura, wilgotność, zawartość CO₂ w powietrzu) za pomocą wielofunkcyjnego miernika mikroklimatu TESTO 435 (tab. 1).

Analiza bakteriologiczna prób

Pobrane próbki powietrza inkubowano przez 48 godzin w temperaturze 30±1°C. Z kolonii, które wyrosły na podłożu z nystatyną, izolowano na odpowiednich pożywkach czyste kultury bakterii, a następnie prowadzono ich identyfikację według standardowych procedur z użyciem diagnostycznych pożywek mikrobiologicznych i testów biochemicznych (17,18).

Analiza mykologiczna prób

Pobrane próbki powietrza inkubowano przez 5 dni w temperaturze 30±1°C. Z kolonii wyrosłych na pożywce MEA izolowano czyste kultury grzybów pleśniowych i wysiewano je na pożywkę Czapska, a następnie inkubowano w warunkach podanych powyżej. Ocenę jakościową grzybów pleśniowych przeprowadzono na podstawie cech morfologicznych kolonii oraz obrazu mikroskopowego. W celu identyfikacji jakościowej drożdżaków zastosowano testy biochemiczne (19–25).

Tabela 1. Wartości wybranych parametrów mikroklimatu zmierzone na poszczególnych stanowiskach pracy
Table 1. Temperature, humidity and concentration of CO₂ at workplaces under study

Stanowisko pracy Workplace	Temperatura Temperature [°C]	Wilgotność Humidity [%]	Stężenie CO ₂ Concentration of CO ₂ [ppm]
1	27,3	39,7	308
2	25,3	70,8	503
3	28,1	40,5	401
4	50,0	99,9	359
5	26,0	98,0	402
6	22,5	80,0	509
7	16,9	81,2	406
8	17,9	83,2	404
9	17,0	85,0	414
10	21,5	59,0	520
11	22,5	60,0	522
12	22,8	61,0	529
13	26,7	37,6	312

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Ocenę zanieczyszczenia mikrobiologicznego środowiska pracy związanego z produkcją podłoża do uprawy przemysłowej grzybów przeprowadzono w oparciu o identyfikację ilościową i jakościową drobnoustrojów wiodących (bakterie mezofilne oraz grzyby mezofilne) w próbach powietrza pobranych na 13 stanowiskach pracy. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabelach 2 i 3.

W odróżnieniu od większości czynników fizycznych i chemicznych w skali światowej nie ma powszechnie akceptowanych kryteriów oceny narażenia na czynniki biologiczne na stanowiskach pracy, jak również ogólnie uznanych wartości normatywnych. W Polsce Międzyresortowa Komisja ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy w dniu 15 listopada 2004 r. przyjęła wartości referencyjne — dla ogólnej liczby bakterii mezofilnych: 1,0×10⁵, a dla ogólnej liczby grzybów: 5,0×10⁴ cfu/m³ powietrza, które wykorzystano do interpretacji uzyskanych wyników (26).

Stężenia drobnoustrojów mezofilnych w powietrzu różniły się znacznie w obrębie poszczególnych stanowisk związanych z produkcją podłoża. W przypadku bakterii mezofilnych poziom drobnoustrojów żywych nie przekroczył liczby 4,5×10⁴ cfu/m³ powietrza (0,37–41,69×10³ cfu/m³), zaś w przypadku grzybów mezofilnych — 2,0×10⁴ cfu/m³ powietrza

Tabela 2. Gatunki bakterii mezofilnych występujące w powietrzu na stanowiskach pracy objętych badaniami
Table 2. Species of mesophilic bacteria at workplaces under study

Miejsce poboru próby Sampling point	Gatunki bakterii Species of bacteria	Całkowita liczba kolonii Total concentration [$\times 10^3$ cfu/m ³]	Udział % % fraction	Miejsce poboru próby Sampling point	Gatunki bakterii Species of bacteria	Całkowita liczba kolonii Total concentration [$\times 10^3$ cfu/m ³]	Udział % % fraction		
1	<i>Staphylococcus sciuri</i>	0,65	53,26	7	<i>Planococcus</i> spp.	35,40	41,45		
	Promieniowce / <i>Actinomycetes</i>		18,84		<i>Aeromonas salmonicida</i> ssp. <i>achromogenes</i>		35,53		
	<i>Pasteurella</i> sp.*		12,68		<i>Pasteurella</i> sp.*		6,84		
	<i>Bacillus</i> spp.		6,52		<i>Micrococcus</i> spp.		5,53		
	pozostałe / other		8,70		<i>Bacillus</i> spp.		1,84		
2	Promieniowce / <i>Actinomycetes</i>	41,69	26,54	8	pozostałe / other	0,37	8,82		
	<i>Pasteurella</i> sp.*		12,09		<i>Sphingomonas paucimobilis</i>		25,00		
	<i>Oerskovia</i> sp.		9,28		<i>Bacillus</i> spp.		16,67		
	<i>Staphylococcus xylosum</i>		7,89		<i>Micrococcus</i> sp.		16,67		
	<i>Bacillus</i> sp.		6,42		<i>Aeromonas salmonicida</i> ssp. <i>achromogenes</i>		8,33		
	<i>Proteus mirabilis</i> *		2,89		<i>Pasteurella</i> sp.*		8,33		
	<i>Staphylococcus sciuri</i>		2,35		pozostałe / other		25,00		
	pozostałe / other		32,54		9		<i>Bacillus</i> spp.	12,57	33,36
3	Promieniowce / <i>Actinomycetes</i>	17,24	32,81	<i>Pasteurella</i> sp.*		17,93			
	<i>Serratia marcescens</i>		20,31	<i>Aeromonas salmonicida</i> ssp. <i>achromogenes</i>		4,92			
	<i>Aeromonas salmonicida</i> ssp. <i>achromogenes</i>		19,97	<i>Staphylococcus sciuri</i>		3,56			
	<i>Pasteurella</i> sp.*		9,72	<i>Planococcus</i> sp.		0,69			
	<i>Bacillus</i> sp.		2,78	<i>Micrococcus</i> sp.		0,69			
	pozostałe / other		14,41	pozostałe / other		38,83			
	4		<i>Planococcus</i> spp.	6,43		25,68	10	<i>Bacillus</i> spp.	15,83
			<i>Bacillus</i> spp.		22,65	<i>Acinetobacter lwoffii</i>		21,33	
<i>Pasteurella</i> sp.*		16,04	Promieniowce / <i>Actinomycetes</i>		15,42				
<i>Acinetobacter lwoffii</i>		5,42	<i>Staphylococcus lugdunensis</i>		4,22				
<i>Staphylococcus lugdunensis</i>		4,23	pozostałe / other		14,26				
<i>Sphingomonas paucimobilis</i>		2,73	11		Promieniowce / <i>Actinomycetes</i>	28,78		30,44	
<i>Streptomyces</i> sp.**		2,11			<i>Staphylococcus lugdunensis</i>	20,41			
<i>Micrococcus</i> sp.		0,91			<i>Acinetobacter lwoffii</i>	8,16			
pozostałe / other	20,23	<i>Bacillus</i> spp.		2,67					
5	<i>Bacillus</i> spp.	16,42		62,18	12	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	22,31	2,21	
	<i>Planococcus</i> sp.			11,16		pozostałe / other		16,41	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>			6,62		<i>Bacillus</i> spp.		37,88	
	<i>Aeromonas salmonicida</i> ssp. <i>achromogenes</i>			1,92		Promieniowce / <i>Actinomycetes</i>		23,93	
	pozostałe / other		18,12	<i>Staphylococcus lugdunensis</i>		16,29			
6	<i>Planococcus</i> spp.	9,00	37,34	13	<i>Acinetobacter lwoffii</i>	0,56	7,77		
	<i>Micrococcus</i> sp.		21,11		<i>Micrococcus</i> sp.		0,51		
	<i>Aeromonas salmonicida</i> ssp. <i>achromogenes</i>		7,89		pozostałe / other		13,64		
	<i>Acinetobacter lwoffii</i>		5,39		13		<i>Pseudomonas luteola</i>	36,90	
	<i>Corynebacterium</i> sp.		2,67				<i>Pasteurella</i> sp.*	25,52	
	Promieniowce / <i>Actinomycetes</i>		2,21				<i>Micrococcus</i> sp.	15,17	
	pozostałe / other		23,39				<i>Planococcus</i> sp.	10,34	
							<i>Bacillus</i> sp.	8,62	
		pozostałe / other	3,45						

* Druga grupa zagrożenia — czynniki mogące wywoływać choroby wśród ludzi, ale ich rozprzestrzenianie się w populacji ludzkiej jest mało prawdopodobne; zazwyczaj istnieją w stosunku do nich skuteczne metody profilaktyki lub leczenia (29) / Risk group 2 — agents that may induce diseases in humans, but their spread in the human population is rather unlikely; there are usually effective preventive and therapeutic methods (29).

** 2A — czynniki 2. grupy zagrożenia wywołujące efekty alergiczne (29) / 2A — Agents of risk group 2 induce allergy (29).

Tabela 3. Gatunki grzybów mezofilnych występujące w powietrzu na stanowiskach pracy objętych badaniami
Table 3. Species of mesophilic moulds at workplaces under study

Miejsce poboru próby Sampling point	Gatunki grzybów Species of moulds	Całkowita liczba kolonii Total concentration [$\times 10^3$ cfu/m ³]	Udział % % fraction	Miejsce poboru próby Sampling point	Gatunki grzybów Species of moulds	Całkowita liczba kolonii Total concentration [$\times 10^3$ cfu/m ³]	Udział % % fraction		
1	<i>Rhizopus</i> spp.	16,20	18,97		<i>Aspergillus</i> sp.		5,93		
	<i>Alternaria</i> sp.		0,75		<i>Cryptococcus terreus</i>		2,27		
	<i>Trichoderma</i> spp.		0,60		<i>Chaetomium</i> sp.		1,39		
	pozostałe / other		79,68		pozostałe / other		27,65		
2	<i>Aspergillus fumigatus</i> **	11,22	6,56	8	<i>Alternaria</i> spp.	1,18	37,81		
	<i>Rhizopus</i> sp.		3,01		<i>Trichoderma</i> spp.		22,06		
	<i>Trichoderma</i> sp.		1,81		<i>Penicillium</i> sp.		4,00		
	<i>Alternaria</i> sp.		1,20		pozostałe / other		36,13		
	pozostałe / other		87,42		9		<i>Aspergillus fumigatus</i> **	3,45	15,38
3	<i>Rhizopus</i> sp.	7,95	14,45		<i>Alternaria</i> spp.		11,54		
	<i>Aspergillus fumigatus</i> **		13,03		<i>Trichoderma</i> sp.		3,01		
	pozostałe / other		72,52		<i>Aspergillus</i> sp.		2,56		
4	<i>Aspergillus fumigatus</i> **	1,75	8,39		pozostałe / other		67,50		
	<i>Alternaria</i> sp.		6,68		10		<i>Fusarium</i> sp.	10,96	8,97
	<i>Chaetomium</i> sp.		0,91		<i>Aspergillus fumigatus</i> **		8,70		
	pozostałe / other		84,02		<i>Alternaria</i> sp.		0,57		
5	<i>Aspergillus fumigatus</i> **	5,25	47,59		pozostałe / other		81,76		
	<i>Alternaria</i> sp.		15,19		11		<i>Aspergillus fumigatus</i> **	11,55	53,49
	<i>Chaetomium</i> sp.		3,13		<i>Rhizopus</i> sp.		5,81		
	pozostałe / other		34,10		<i>Fusarium culmorum</i>		0,52		
6	<i>Rhizopus</i> sp.	1,91	21,81		pozostałe / other		40,19		
	<i>Fusarium solani</i>		1,14		12		<i>Alternaria</i> sp.	3,51	19,66
	pozostałe / other		77,05		pozostałe / other		80,34		
7	<i>Rhizopus</i> spp.	1,18	29,17		13		7,14		
	<i>Alternaria</i> sp.		13,89		<i>Alternaria</i> sp.		1,13	2,86	
	<i>Cladosporium</i> spp.		12,75		<i>Aspergillus fumigatus</i> **		2,86		
	<i>Penicillium</i> spp.		6,94		pozostałe / other		90,00		

** 2A — czynniki 2. grupy zagrożenia wywołujące efekty alergiczne (29) / 2A — Agents of risk group 2 induce allergy (29).

(1,13–16,20 $\times 10^3$ cfu/m³). Uzyskane wyniki są porównywalne z wynikami badań mikrobiologicznych przeprowadzonych podczas innych prac uznanych za narażające pracowników na działanie czynników biologicznych, np. prace przy oczyszczaniu ścieków (27) czy zagospodarowaniu odpadów komunalnych (28).

Najwyższe stężenie bakterii mezofilnych (4,17 $\times 10^4$ cfu/m³) stwierdzono podczas mieszania wsadu przymy (słoma) z wodą w basenie i przerzucania uwodnionej przymy na plac obok basenu (stanowisko 2.) oraz w trakcie załadunku przymy finalnej do tunelu pasteryzacyjnego (stanowisko 7.) — 3,54 $\times 10^4$ cfu/m³. Stężenia te przekroczyły o dwa rzędy wielkości poziom bakterii mezofilnych w próbach powietrza pobranych przed wejściem na teren zakładu.

Najwyższy poziom grzybów mezofilnych (1,62 $\times 10^4$ cfu/m³) oznaczono w próbie powietrza pobranej podczas ręcznego rozwijania i rozrzucania słomy (stanowisko 1.) oraz podczas dozowania grzybni do przesuwającego się na taśmie spasteryzowanego kompostu (stanowisko 11.) — 1,15 $\times 10^4$ cfu/m³. Poziomy te, podobnie jak w przypadku bakterii, przekroczyły o dwa rzędy wielkości poziom tła dla grzybów mezofilnych.

Analiza mikrobiologiczna próbek powietrza pobranych na terenie zakładu wykazała obecność czynników biologicznych (bakterie, grzyby) zaliczanych do 1. i 2. grupy zagrożenia, według załącznika 1 do Rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo

narażonych na te czynniki (29). Łącznie oznaczono 33 gatunki drobnoustrojów wiodących, w tym 22 gatunki bakterii mezofilnych oraz 11 gatunków grzybów mezofilnych. Większość wyizolowanych gatunków to powszechnie występujące w środowisku drobnoustroje, najczęściej nie stanowiące zagrożenia dla zdrowia ludzi (np. *Micrococcus* sp., *Bacillus* sp., *Rhizopus* sp., *Alternaria* sp.). Spośród 33 drobnoustrojów obecnych w powietrzu na stanowiskach pracy w wykazie szkodliwych czynników biologicznych w miejscu pracy znajdują się bakterie *Pasteurella* sp., *Proteus mirabilis*, *Streptomyces* sp., *Corynebacterium* sp. oraz grzyb *Aspergillus fumigatus* (29). Zgodnie z definicją zawartą w rozporządzeniu czynniki te mogą wywoływać choroby u ludzi, ale zazwyczaj istnieją w stosunku do nich skuteczne metody profilaktyki lub leczenia (2. grupa zagrożenia). Ze względu na bezpieczeństwo zawodowe żaden z ww. patogenów nie powinien występować w środowisku pracy.

Bakterie z rodzaju *Pasteurella* sp. mogą wywoływać u ludzi infekcje płuc, stany zapalne stawów, węzłów chłonnych oraz tkanki łącznej. *Proteus mirabilis* wywołuje zakażenia układu moczowego, *Streptomyces* sp. — aktynomycetomę okolic twarzy i szyi, zaś *Corynebacterium* sp. mogą wywoływać u osób narażonych zakażenia oportunistyczne układu moczowego, układu krążenia i układu oddechowego, a także stany zapalne gardła oraz skóry (30). Na uwagę zasługuje to, że praktycznie we wszystkich próbach powietrza pobranych na stanowiskach objętych badaniami wyizolowano patogenny grzyb pleśniowy *Aspergillus fumigatus*, który może być przyczyną alergii oraz choroby układu oddechowego o charakterze immunotoksycznym — aspergillozy (23).

Na podstawie uzyskanych wyników dotyczących narażenia osób zatrudnionych przy produkcji podłoża do hodowli grzybów na drobnoustroje mezofilne występujące w powietrzu środowiska pracy można stwierdzić, że mimo stężeń czynników nieprzekraczających proponowanych wartości referencyjnych, pracownicy powinni używać środków ochrony indywidualnej, właściwych do zabezpieczenia przed drobnoustrojami z 2. grupy zagrożenia (maski, okulary, odzież ochronna, rękawice, obuwie). Należy również podkreślić, że poza tymi środkami podstawową ochroną pracowników przed potencjalnym działaniem szkodliwych czynników biologicznych jest przestrzeganie zasad higieny osobistej, a także zapoznanie pracowników z podstawowymi zasadami bezpieczeństwa zawodowego, związanego z profilaktyką i ochroną zdrowia pracujących przed zagrożeniami biologicznymi.

WNIOSKI

1. Produkcja podłoża do uprawy przemysłowej grzybów stwarza umiarkowane zagrożenia dla zdrowia zatrudnionych ze względu na emisję szkodliwych czynników biologicznych podczas wszystkich etapów wytwarzania produktu.
2. Średnie stężenia mikroorganizmów w powietrzu są zróżnicowane w zależności od rodzaju wykonywanych czynności zawodowych.
3. Najwyższe stężenie bakterii mezofilnych ($4,17 \times 10^4$ cfu/m³) stwierdzono podczas mieszania słomy z wodą oraz w trakcie załadunku przyzmy finalnej do tunelu pasteryzacyjnego ($3,54 \times 10^4$ cfu/m³).
4. Najwyższy poziom grzybów mezofilnych ($1,62 \times 10^4$ cfu/m³) oznaczono w próbie powietrza pobranej podczas ręcznego rozwijania i rozrzucania słomy oraz podczas dozowania grzybni do spasteryzowanego kompostu ($1,15 \times 10^4$ cfu/m³).
5. W powietrzu środowiska pracy stwierdzono obecność drobnoustrojów patogennych należących do 2. grupy zagrożenia (*Pasteurella* sp., *Proteus mirabilis*, *Streptomyces* sp., *Corynebacterium* sp. oraz grzyb *Aspergillus fumigatus*).
6. Pracownicy zatrudnieni przy produkcji podłoża do uprawy grzybów powinni stosować środki ochrony indywidualnej zabezpieczające szczególnie drogi oddechowe i skórę.

PIŚMIENNICTWO

1. Sakson N.: Produkcja podłoża do uprawy pieczarek. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań 2007
2. Błaszczuk M., Fit M.: Sukcesja mikroorganizmów w czasie kompostowania odpadów organicznych. VII Konferencja Naukowo-Technologiczna Woda — Ścieki — Odpady w Środowisku pt. „Biologiczne przetwarzanie stałych odpadów biologicznych”, Zielona Góra 2005 [serial online]. Adres: http://www.pigo.org.pl/sites/kronika/ziel_gora/referat_ziel_gora.doc
3. Nielsen B., Wurtz H., Breum N., Poulsen O.: Microorganisms and endotoxins in experimentally generated bioaerosols from composting household waste. *Ann. Agric. Environ. Med.* 1997;4:159–168
4. Castellan R.M., Olenchock S.A., Kinsley K.B., Hankinson J.L.: Inhaled endotoxin and decreased spirometric values. *N. Engl. J. Med.* 1987;317(10):605–610
5. Burrell R.: Human responses to bacterial endotoxin. *Circ. Shock* 1994;43:137–153
6. Rylander R., Jacobs R.R.: Organic dust. Exposure effects and prevention. CRS Press, Boca Raton 1994
7. Douwes J., Thorne P., Heederik D.: Bioaerosol health effects and exposure assessment: progress and prospects. *Ann. Occup. Hyg.* 2003;47(3):187–200

8. Michael O.: Role of lipopolysaccharide (LPS) in asthma and other pulmonary conditions. *J. Endotox. Res.* 2003;9(5):293–300
9. Douwes J., Thorne P., Pearce N., Heederik D.: Biological agents — recognition. W: Perkins J.L. [red.]. *Modern Industrial Hygiene*. ACGIH, Cincinnati, Ohio 2003, ss. 219–292
10. Spaan S., Wouters I., Oosting I., Doekes G., Heederik D.: Exposure to inhalable dust and endotoxins in agricultural industries. *J. Environ. Monit.* 2006;8:63–72
11. Moore J., Xu J., Millar B., Elborn J., Rao J.: Identification of an organisms associated with mushroom worker's lung. *Compost Sci. Util.* 2004;12(2):192–195
12. Cobb N., Sullivan P., Ruth A.: Pilot study of health complaints associated with commercial Processing of Mushroom Compost in Southeastern Pennsylvania. *J. Agromed.* 1995;2(2):13–25
13. Hoy R., Pretto J., Gelderen D., McDonald C.: Mushroom worker's lung: organic dust exposure in the spawning shed. *Med. J. Aust.* 2007;186(9):472–474
14. Moore J., Rory P., Millar B., Rao J.: Hypersensitivity pneumonitis associated with mushroom worker's lung: An update on the clinical significance of the importation of exotic Mushroom varieties. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 2005;136:98–102
15. Tanaka H., Saikai T., Sugawara H., Tsunematsu K., Takeya I., Koba H. i wsp.: Three-year follow up study of allergy in workers in a mushroom factory. *Respir. Med.* 2001;95:943–948
16. Tanaka H., Saikai T., Takeya I., Tsunematsu K., Matsuura A., Abe S.: Workplace-related chronic cough on a mushroom farm. *Chest* 2002;122(3):1080–1085
17. Libudzisz Z., Kowal K., Żakowska Z.: *Mikrobiologia techniczna. Tom 1. Mikroorganizmy i środowiska ich występowania*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007
18. Szewczyk E.: *Diagnostyka bakteriologiczna*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005
19. Fassatiouva O.: *Grzyby mikroskopowe w mikrobiologii technicznej*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1983
20. Flanningan B., Samson R., Miller J.: *Microorganisms in home and indoor work environments*. Taylor and Francis, New York 2001
21. Grajewski J. [red.]: *Mikotoksyny i grzyby pleśniowe. Zagrożenie dla człowieka i zwierząt*. Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz 2006
22. Klich M.: *Identification of common Aspergillus species*. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht 2002
23. Larone D.: *Medically important fungi. A guide to identification*. ASM Press, Washington D.C. 2002
24. Pitt J.I.: *A laboratory guide to common Penicillium species*. AFISC Australian Food Industry Science Centre, North Ryde 2000
25. Watanabe T.: *Pictorial atlas of soil and seed fungi: morphologies of cultured fungi and key to species*. CRC Press, Washington D.C. 1994
26. Dutkiewicz J., Górny R.L.: *Biologiczne czynniki szkodliwe dla zdrowia — klasyfikacja i kryteria oceny narażenia*. *Med. Pr.* 2002;53(1):29–39
27. Cyprowski M., Szarapińska-Kwaszewska J., Dudkiewicz D., Krajewski J.A., Szadkowska-Stańczyk I.: Ocena narażenia pracowników oczyszczalni ścieków na czynniki szkodliwe występujące w miejscu pracy. *Med. Pr.* 2005;56(3): 213–222
28. Buczyńska A., Cyprowski M., Szadkowska-Stańczyk I.: Czynniki biologiczne szkodliwe dla zdrowia występujące w powietrzu na terenie składowisk odpadów komunalnych. *Med. Pr.* 2006;57(6):531–535
29. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 kwietnia 2005 r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych na stanowiskach pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki. *DzU z 2005 r. nr 81, poz. 716*
30. Szewczyk E. [red.]: *Diagnostyka bakteriologiczna*. PWN, Warszawa 2005