

Streszczenie

W Polsce od kilkunastu lat obserwuje się dynamiczny rozwój przemysłu związanego z przetwórstwem surowców roślinnych. Ze względu na to, że pomieszczenia produkcyjne zakładów przetwarzających surowce roślinne są specyficznym środowiskiem, obawy wyrażane przez pracowników coraz częściej dotyczą skutków zdrowotnych, związanych z narażeniem na aerozole biologiczne. Wynika to w części z tego, że wciąż mało wiadomo na temat związku pomiędzy wystąpieniem narażenia na bioaerozole, a niekorzystnym dla człowieka efektem zdrowotnym, powodowanym ich działaniem, a także z braku w skali światowej ogólnie akceptowanych, dopuszczalnych wartości stężeń bioaerozoli i zaleceń metodycznych, związanych z kontrolą tego rodzaju zagrożeń. W takiej sytuacji konieczne staje się więc dokładne rozpoznanie stopnia mikrobiologicznego zanieczyszczenia środowiska w tego typu zakładach i określenie możliwych potencjalnych skutków zdrowotnych wynikających z inhalacyjnego narażenia na cząstki drobnoustrojów. Uwzględniając ten stan rzeczy, w niniejszej pracy, w ocenie narażenia na bioaerozole zaproponowano, aby stosowane metody pomiarowe, pozwalające na określenie stężenia i składu jakościowego aerozoli bakteryjnego i grzybowego, zostały uzupełnione o wyznaczenie ich rozkładu ziarnowego, wraz określeniem dynamiki sezonowych zmian ich stężeń.

Głównym celem naukowym rozprawy była ilościowa i jakościowa charakterystyka mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza w zakładach przetwórstwa surowców roślinnych. W oparciu o główny cel naukowy rozprawy wyróżniono cele szczegółowe, których wyjaśnienie stało się przedmiotem badań przeprowadzonych w ramach niniejszej rozprawy.

Podjęte badania miały na celu:

- oszacowanie wpływu procesu technologicznego produkcji badanych zakładów przetwórstwa surowców roślinnych na jakość mikrobiologiczną powietrza ich wnętrza;
- określenie wpływu wykorzystanego surowca roślinnego na jakość mikrobiologiczną powietrza pomieszczeń produkcyjnych w badanych zakładach;
- określenie zmienności sezonowej stężeń aerozoli bakteryjnego i grzybowego w powietrzu trzech wytypowanych zakładów;
- określenie wpływu parametrów mikroklimatycznych na stężenie aerozoli bakteryjnego i grzybowego w środowisku badanych wnętrza;

- określenie wpływu zapylenia na stężenie aerozoli bakteryjnego i grzybowego w pomieszczeniach badanych zakładów przetwarzających surowce pochodzenia roślinnego;
- określenie rozkładów ziarnowych mikroorganizmów, wchodzących w skład mikrobioty powietrza występującego zarówno wewnątrz badanych zakładów, jak i w ich otoczeniu, w celu wyznaczenia hipotetycznej głębokości penetracji układu oddechowego przez poszczególne frakcje cząstek bioaerozolu i prognozy ewentualnych niekorzystnych skutków zdrowotnych, wynikających z inhalacyjnego narażenia na oddziaływanie badanych bioaerozoli;
- porównanie możliwości identyfikacji wybranych szczepów bakterii, wyizolowanych z powietrza badanych wnętrz, z użyciem spektroskopii masowej MALDI-TOF MS oraz rutynowo stosowanych metod biochemicznych.

Badania zostały przeprowadzone na terenie 3 wybranych zakładów przetwarzających surowce roślinne. Wszystkie badane zakłady były zlokalizowane na terenie województwa małopolskiego. Do badań wytypowano zakłady, różniące się rodzajem przetwarzanych surowców roślinnych oraz sposobem produkcji i wytwarzania produktu końcowego. Punkty pomiarowe na terenie zakładów zostały wyznaczone w oparciu o cały proces technologiczny produkcji, osobno dla każdego badanego zakładu.

Badania w ramach niniejszej rozprawy obejmowały: pobieranie próbek bioaerozoli w celu ich analizy ilościowej i jakościowej, pomiar stężenia pyłu zawieszonego w celu oceny jego wpływu na mikrobiologiczne zanieczyszczenie powietrza oraz pomiary wilgotności względnej i temperatury powietrza w celu określenia wpływu tych parametrów na poziom kontaminacji szkodliwymi czynnikami mikrobiologicznymi badanych pomieszczeń produkcyjnych i magazynowych. Pomiary bioaerozolu wykonywano w czterech turach pomiarowych, w cyklu sezonowym: wiosną, latem, jesienią i zimą, dwukrotnie w każdej porze roku. Badania prowadzono od października 2016r. do sierpnia 2017r. Do pobierania próbek powietrza w badanych pomieszczeniach zakładów przetwórstwa surowców roślinnych zastosowano 6-stopniowy impaktor Andersena. Próbkę bioaerozolu na każdym z badanych stanowisk były pobierane w ciągu dnia, w godzinach pracy zakładu, podczas normalnego procesu produkcyjnego, charakterystycznego dla danego zakładu przetwarzającego surowce roślinne. Punkty pomiarowe wyznaczono osobno dla każdego wytypowanego zakładu, z uwzględnieniem wszystkich pomieszczeń produkcyjnych ciągu technologicznego, magazynów surowców i magazynów produktów końcowych. Próbkę bioaerozolu pobierano również w punkcie wyznaczonym poza obrębem zakładu dla wyznaczenia „tła

zewnątrznego” oraz wewnątrz każdego zakładu, w pomieszczeniu oddzielnym od pomieszczeń produkcyjnych dla wyznaczenia „tła wewnętrznego”.

Na podstawie analizy wyników badań stwierdzono następujące wnioski:

1. Przeprowadzone badania wykazały, że typ zakładu oraz rodzaj produkcji mają istotny wpływ na jakość mikrobiologiczną powietrza pomieszczeń produkcyjnych badanych zakładów. Poziomy stężenie bioaerozoli występujących w pomieszczeniach produkcyjnych zakładów przetwórstwa roślinnego zależą także od poszczególnych etapów procesu technologicznego produkcji.
2. Spośród trzech badanych zakładów, największe narażenie na aerozol bakteryjny i grzybowy obserwowano w wytwórni pasz, a najmniejsze w zakładzie zielarskim. Stężenia aerozolu bakteryjnego i grzybowego w ich pomieszczeniach produkcyjnych nie przekraczały kolejno: $1,7 \cdot 10^4$ jtk·m⁻³ i $1,4 \cdot 10^4$ jtk·m⁻³ i były niższe od wartości dopuszczalnych stężeń proponowanych dla pomieszczeń roboczych zanieczyszczonych pyłem organicznym.
3. Pomieszczenia zakładu zielarskiego, w którym produkcja prowadzona jest w oparciu o systemy Good Manufacturing Practice i Good Hygienic Practice, z działającym system mechanicznej wentylacji kanałowej oraz wentylacji grawitacyjnej, są środowiskiem mniej zanieczyszczonym mikrobiologicznie od pomieszczeń pozostałych badanych zakładów, przetwarzających surowce pochodzenia roślinnego.
4. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że zmienność sezonowa jest bardzo ważnym czynnikiem, który wpływa na poziomy stężenie bioaerozoli, występujących w środowisku zakładów przetwórstwa surowców roślinnych. Oznacza to, że w prognozowaniu ewentualnych skutków zdrowotnych, wynikających z narażenia na aerozole bakteryjne i grzybowe w tego typu zakładach należy opierać się na wynikach pomiarów, gromadzonych w poszczególnych porach roku.
5. Analiza jakościowa mikroorganizmów izolowanych z powietrza pomieszczeń produkcyjnych wykazała dominację grzybów pleśniowych z rodzajów *Cladosporium* i *Penicillium* oraz ziarenkowców Gram-dodatnich z rodzaju *Micrococcus* i przetrwalnikujących laseczek z rodzaju *Bacillus*, czyli drobnoustrojów typowych dla środowiska wewnątrz. Wśród wyizolowanych drobnoustrojów stwierdzono obecność bakterii zakwalifikowanych do grupy 2. zagrożenia co wskazuje, że pracownicy mogą być narażeni na bezpośredni kontakt ze szkodliwymi czynnikami biologicznymi. Narażenie to dotyczy przede wszystkim części produkcyjnej badanych zakładów.
6. Wyznaczenie rozkładów ziarnowych badanych bioaerozoli pozwoliło stworzyć dokładany obraz kontaminacji powietrza w zakładach przetwarzających surowce

roślinne i umożliwiło prognozę dotyczącą stopnia narażenia ludzkiego zdrowia, uwzględniającą oddziaływanie drobnoustrojów rozprzestrzeniających się w postaci aerozoli biologicznych. Analiza rozkładów ziarnowych bioaerozoli w badanych pomieszczeniach wykazała, że zarówno w przypadku aerozolu bakteryjnego i grzybowego, największy „ładunek” tego rodzaju cząstek może dotrzeć w układzie oddechowym człowieka do gardła, tchawicy i oskrzeli. Skutkować to może u narażonych osób wystąpieniem niekorzystnych skutków zdrowotnych o charakterze podrażnień, stanów zapalnych i reakcji alergicznych.

7. Kontrola podstawowych parametrów mikroklimatycznych tj. temperatury i wilgotności względnej powietrza oraz określenie stężenia pyłu zawieszonego w pomieszczeniach produkcyjnych jest warunkiem koniecznym do prawidłowego przeprowadzenia badań mikrobiologicznych powietrza w zakładach przetwórstwa surowców roślinnych. Parametry mikroklimatyczne wpływały bowiem w sposób istotny na wielkości stężeń aerozoli bakteryjnego i grzybowego, a część pyłu zawieszonego w badanych zakładach stanowiły cząstki biologiczne.
8. Badania potwierdziły praktyczną przydatność zarówno techniki MALDI-TOF MS, jak i metod biochemicznych do identyfikacji szczepów bakterii, izolowanych z powietrza.

DOKTORANT



mgr inż. Karol Bulski

PROMOTOR



dr hab. inż. Krzysztof Frączek