

DOROTA KRĘGIEL

## ZANIECZYSZCZENIE MIKROBIOLOGICZNE POWIETRZA HALI TECHNOLOGICZNEJ A JAKOŚĆ PRODUKOWANYCH OPAKOWAŃ

### Streszczenie

Badano wpływ mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza hali technologicznej na jakość mikrobiologiczną opakowań jednostkowych wytwarzanych dla przemysłu spożywczego.

Średnie kwartalne zanieczyszczenie powietrza hali technologicznej było zróżnicowane i zależało od pory roku. Największy wzrost liczby drobnoustrojów odnotowano w drugim i trzecim kwartale. Typową mikroflorę powietrza hali technologicznej stanowiły pleśnie z rodzajów: *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria* i *Fusarium* oraz bakterie z rodzaju *Micrococcus* i *Bacillus*. Zanieczyszczenie powietrza hali produkcyjnej miało istotny wpływ na jakość mikrobiologiczną produkowanych opakowań. Zależność stopnia zanieczyszczenia opakowań od zanieczyszczenia powietrza hali technologicznej była proporcjonalna, o współczynniku korelacji  $r = 0,8 \div 0,96$ .

**Słowa kluczowe:** powietrze hali technologicznej, opakowania, mikroflora

### Wprowadzenie

Podatność gotowych wyrobów spożywczych na zanieczyszczenia mikrobiologiczne pochodzące z powietrza jest różna. Najbardziej wrażliwe na tego typu zanieczyszczenia są wyroby charakteryzujące się wysoką wartością odżywczą, stanowiące doskonałe środowisko dla rozwoju mikroflory. Stąd m.in. wynika konieczność konfekcjonowania wyrobów przemysłu spożywczego w opakowania jednostkowe o odpowiedniej czystości mikrobiologicznej [8].

Zanieczyszczenie opakowania, jako produktu końcowego, wiąże się z czasem kontaktu opakowania z zanieczyszczonym powietrzem, liczbą drobnoustrojów w powietrzu oraz rodzajem tych drobnoustrojów. Właściwa organizacja pracy, sprawna wentylacja i automatyzacja procesów produkcyjnych mogą skutecznie zmniejszyć

liczbę mikroorganizmów w wyniku ograniczenia możliwości kontaktu produktu z otoczeniem.

Do kontroli czystości mikrobiologicznej powietrza stosuje się obecnie metodę zderzeniową z wykorzystaniem próbników powietrza i płytek zawierających agarowe pożywki hodowlane. Metoda zderzeniowa polega na uderzaniu zassanym powietrzem w warstwę pożywki [2, 6]. Podczas uderzenia strumienia powietrza w pożywkę drobnoustroje zawarte w powietrzu przyklejają się do podłoża. Próbniki powietrza pozwalają na dokładny pomiar liczby drobnoustrojów w dowolnym miejscu, przy wlotach i wylotach powietrza, w strefach czystych [6].

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu stanu zanieczyszczenia powietrza hali technologicznej w zakładzie produkującym opakowania jednostkowe dla przemysłu spożywczego na jakość mikrobiologiczną wytwarzanych opakowań.

### **Materiał i metody badań**

Mikrobiologiczną analizę powietrza hali technologicznej prowadzono metodą zderzeniową przy użyciu próbniaka MAS 100 (Merck), stosując podłoże PCA (Merck) [2, 5, 6, 7].

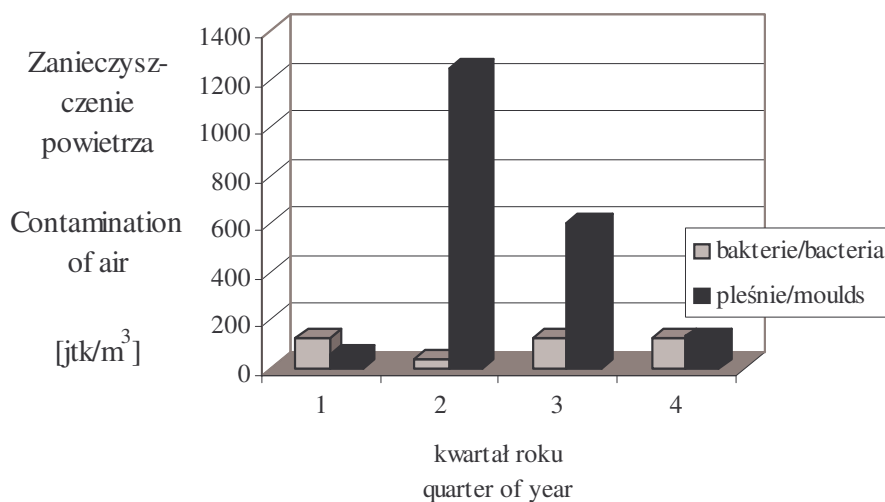
Badaniom mikrobiologicznym poddawano 50 polipropylenowych kubeczków w kształcie stożka ściętego o pojemności 200 cm<sup>3</sup>. Opakowania były pobierane losowo z linii technologicznej bezpośrednio po wytworzeniu, a następnie pakowane w sterylne worki z folii polietylenowej.

Analizę mikrobiologiczną opakowań prowadzono stosując metodę bezpośrednią wg Richtera [9]. Polega ona na wprowadzeniu do opakowania upłynnionej, ciepłej pożywki agarowej i jej równomiernym rozprowadzeniu po wewnętrznych ściankach opakowania, a następnie zamknięciu pojemnika sterylną folią aluminiową. Badane kubki inkubowano w temp. 25°C w ciągu 12 dni. Ogólną liczbę bakterii oznaczano stosując podłoże PCA (Merck), natomiast liczbę grzybów - podłoże Sabourauda z 2% glukozy (Merck). Cechy morfologiczne wyizolowanych drobnoustrojów oceniano mikroskopowo. Do badań diagnostycznych do wzrostu grzybów strzępkowych stosowano podłoże Czapka-Doxa (Merck). Przynależność rodzajową określano na podstawie klucza wg Fassatiowej (pleśnie) oraz wg Bergey's Manual (bakterie) [1, 3].

Kontrolę mikrobiologiczną opakowań i powietrza prowadzono systematycznie, co miesiąc w ciągu trzech lat, a przedstawione wyniki stanowią kwartalne wartości średnie. Współczynniki korelacji obliczano wykorzystując program Excel 2000.

### **Wyniki i dyskusja**

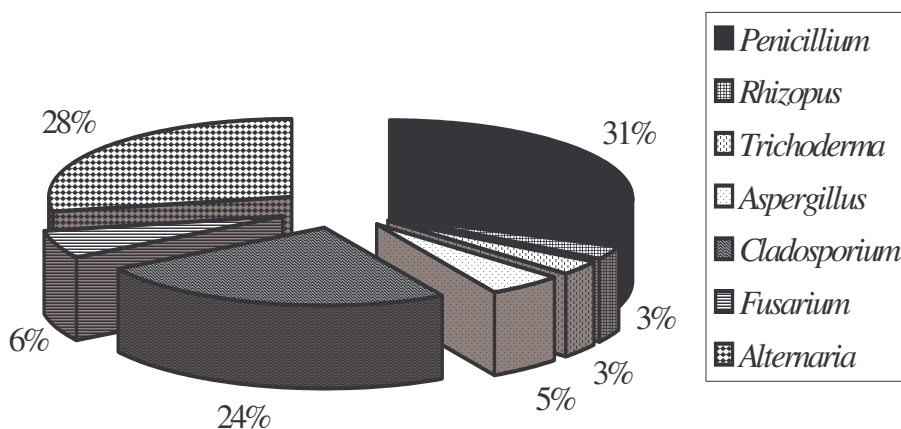
Zanieczyszczenie powietrza hali produkcyjnej było zróżnicowane i zależało od pory roku (rys. 1).



Rys. 1. Zanieczyszczenie powietrza hali technologicznej.

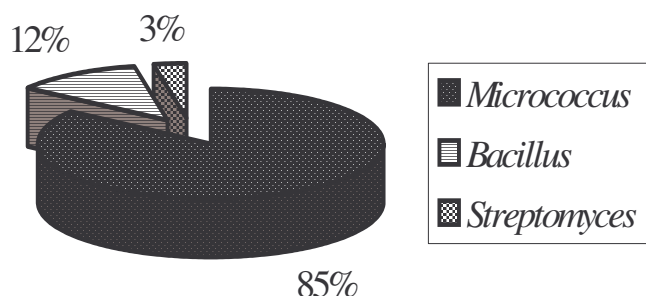
Fig. 1. Contamination of the technological shop-floor air.

Najwięcej mikroorganizmów występujących w atmosferze hali stwierdzono w drugim kwartale roku. W przypadku zanieczyszczeń pochodzenia bakteryjnego i pleśniowego wynosiło ono odpowiednio 40 jtk/m<sup>3</sup> i 1243 jtk/m<sup>3</sup>. W drugim i trzecim kwartale stwierdzono znaczny wzrost w powietrzu mikroflory pleśniowej, natomiast liczba mikroflory bakteryjnej utrzymywała się na stałym poziomie.



Rys. 2. Mikroflora pleśniowa w powietrzu hali technologicznej.

Fig. 2. Moulds in the technological shop-floor air.

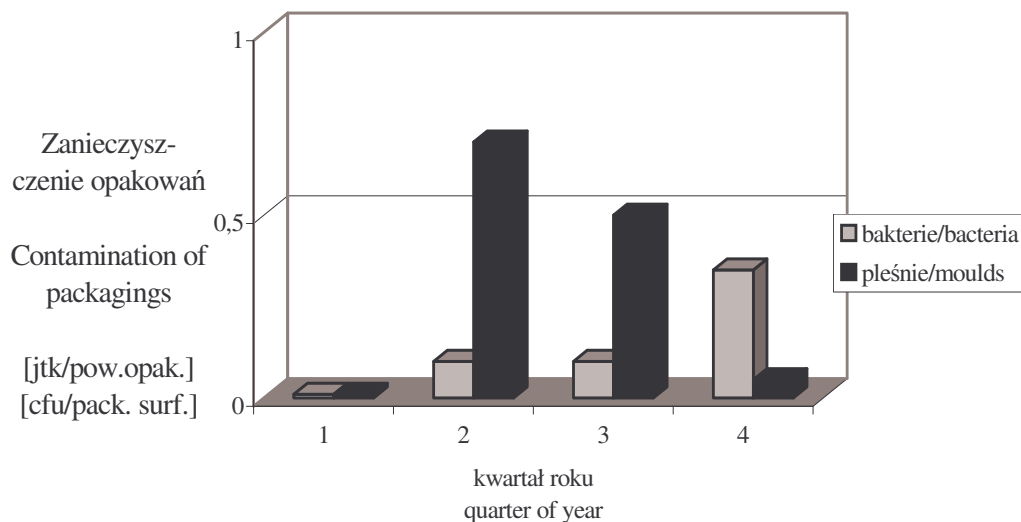


Rys. 3. Mikroflora bakteryjna w powietrzu hali technologicznej.

Fig. 3. Bacterial microflora in the technological shop-floor air.

W powietrzu hali technologicznej występowały głównie pleśnie z rodzajów: *Penicillium* (31%), *Alternaria* (28%), *Cladosporium* (24%) i *Fusarium* (6%) oraz bakterie *Micrococcus* sp. (85%) i *Bacillus* sp. (12%) (rys. 2, 3). Wymienione rodzaje stanowią typową mikroflorę powietrza atmosferycznego [3]. Taką samą mikroflorę izolowano z powierzchni badanych opakowań.

Zanieczyszczenie mikrobiologiczne powietrza hali produkcyjnej miało istotny wpływ na jakość mikrobiologiczną produkowanych opakowań. Największe średnie zanieczyszczenie opakowań odnotowano w drugim i trzecim kwartale roku. Wynosiło ono w przypadku bakterii od 0,0 do 0,1 jtk, a pleśni od 0,1 do 0,7 jtk na powierzchnię wewnętrzną opakowania (rys. 4).

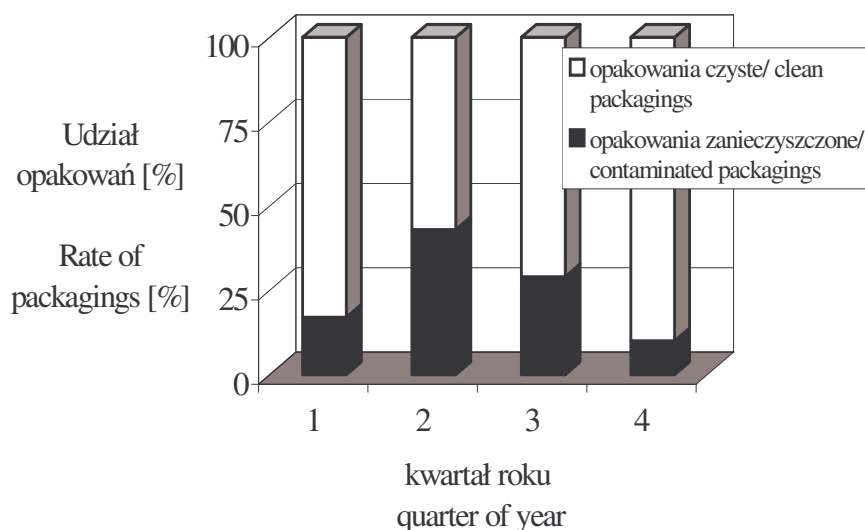


Rys. 4. Średnie zanieczyszczenie mikrobiologiczne opakowań jednostkowych.

Fig. 4. Mean microbiological contamination of unit packagings.

Analiza statystyczna wyników pomiarów mikrobiologicznych, uzyskanych w poszczególnych kwartałach, wykazała, że zależności między stopniem zanieczyszczenia opakowań (rys. 4) a zanieczyszczeniem powietrza hali technologicznej (rys. 1) były wprost proporcjonalne, a współczynniki korelacji tych zależności wynosiły  $r = 0,80 \div 0,94$ .

Procentowy udział opakowań, w których wykryto drobnoustroje przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Udział opakowań zanieczyszczonych.

Fig. 5. Percentage rate of contaminated packagings.

Liczba zanieczyszczonych opakowań wzrastała wraz ze stopniem zanieczyszczenia powietrza. Analiza wyników stopnia zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza (rys. 1) oraz udziału opakowań czystych w badanych partiach (rys. 5) pozwoliła wnioskować, że największy wpływ na jakość produkowanych opakowań miała obecność grzybów strzępkowych w powietrzu hali technologicznej. Zależność między stopniem zanieczyszczenia powietrza grzybami strzępkowymi a zanieczyszczeniem mikrobiologicznym opakowań charakteryzowała się bardzo wysokim współczynnikiem korelacji wynoszącym  $r = 0,96$ .

Kontrola czystości mikrobiologicznej powietrza w polskich przepisach prawnych jest uwzględniana w sposób niewystarczający. W odróżnieniu od większości czynników chemicznych i fizycznych, w skali światowej także nie ma powszechnie akceptowanych kryteriów oceny oraz ogólnie uznanych wartości normatywnych (referencyjnych) i zaleceń metodycznych [4, 9]. Brak ogólnie ustalonych wytycznych dotyczących jakości mikrobiologicznej powietrza powoduje, że oceny tej dokonuje się

na podstawie propozycji normatywów higienicznych, określając wartości progowe stężenia mikroorganizmów w powietrzu w odniesieniu do poszczególnych klas pomieszczeń. Opracowania wartości normatywnych dokonuje się w odniesieniu do rodzajów badanych środowisk i typów prób środowiskowych.

Wg Krzysztofika [4] w przemyśle spożywczym dopuszczalny stopień mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza nie powinien przekraczać poziomu  $6 \cdot 10^2$  jtk/m<sup>3</sup>. Zatem, stosując takie kryterium, stan mikrobiologiczny badanego powietrza hali technologicznej w zakładzie produkującym opakowania jednostkowe należy uznać za zadowalający tylko w pierwszym i czwartym kwartale roku. Wzrost zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza, zwłaszcza grzybami strzępkowymi, występujący w kwartale drugim i trzecim wymaga podjęcia w zakładzie skutecznych działań prewencyjnych.

Istotną częścią każdego tworzonego normatywu jest jego składowa techniczna, dotycząca metody badawczej zastosowanej do wyznaczenia wartości liczbowej danego standardu. W spotykanych w piśmiennictwie propozycjach wartości referencyjnych zwykle określa się stężenie badanego czynnika w próbie powietrza i w odpowiedniej próbie powierzchniowej. Warunkiem zachowania odpowiednich parametrów jakościowych produkowanych wyrobów powinno być więc wypracowanie odpowiednich wytycznych i standardów, które byłyby powszechnie akceptowane i pozwoliłyby na odpowiednią interpretację wyników pomiarów. Dlatego tak ważne są systematycznie i równoległe prowadzone badania mikrobiologiczne powietrza oraz powierzchni urządzeń i gotowych wyrobów, których kompleksowe wyniki powinny przyczynić się do ustalenia właściwych parametrów i wartości dopuszczalnych dla konkretnego zakładu produkcyjnego. Ustalenie zależności między wynikami badań ułatwi wówczas oszacowanie ryzyka związanego z mikroflorą występującą w powietrzu. Istotne byłoby prowadzenie dodatkowego monitoringu dotyczącego poziomu zapylenia, wilgotności, stanu wentylacji czy czasu kontaktu opakowania z otoczeniem. Te informacje lepiej zobrazowałyby uwarunkowania produkcyjne i ich wpływ na jakość opakowań.

## Wnioski

1. Dominującą mikroflorę powietrza hali technologicznej stanowiły grzyby strzępkowe z rodzajów: *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria* i *Fusarium* oraz bakterie *Micrococcus* sp. i *Bacillus* sp.
2. Czystość mikrobiologiczna powietrza hali technologicznej, a w szczególności obecność w nim grzybów strzępkowych, miała istotny wpływ na jakość produkowanych opakowań.

3. Zależność stopnia zanieczyszczenia opakowań od zanieczyszczenia powietrza hali technologicznej była wprost proporcjonalna i charakteryzowała się wysokimi współczynnikami korelacji ( $r$ ) wynoszącymi od 0,80 do 0,96.

#### Literatura

- [1] Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, Vol. 2, Williams & Wilkins, Baltimore 1986.
- [2] Collins C.H., Lyne P.M., Grange J.M.: Microbiological methods. Butterwords. London 1989.
- [3] Fassatiowa O.: Grzyby mikroskopowe w mikrobiologii technicznej. WNT. Warszawa 1983.
- [4] Górny R.: Biologiczne czynniki szkodliwe: normy, zalecenia i propozycje wartości dopuszczalnych. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy, 2004, **3 (41)**, 17-39.
- [5] Gutarowska B.: Metody oceny zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza - zalety i wady. Laboratoria Aparatura, Badania, 2002, **2**, 6-10.
- [6] Kosewska L.: Analiza mikrobiologiczna w przemyśle spożywczym. WSiP. Warszawa 1991.
- [7] Merck Microbiology. Merck, Darmstadt, 2000.
- [8] Panfil-Kuncewicz H.: Znaczenie i funkcje opakowań produktów spożywczych w dystrybucji i marketingu, Przem. Spoż., 1998, **8**, 18-19.
- [9] Żakowska Z. Stobińska H. (red.) Mikrobiologia i higiena w przemyśle spożywczym. Wyd. PŁ. Łódź 2000.

#### THE MICROBIAL CONTAMINATION OF A TECHNOLOGICAL SHOP-FLOOR AIR AND THE QUALITY OF PACKAGINGS MANUFACTURED

##### Summary

The impact of technological shop-floor air on the microbiological quality of unit packagings for food industry was investigated. The mean quarterly contamination of technological shop-floor air varied and depended on the season. The highest increase in the count of micro-organisms was reported in the second and third quarter. The typical micro-flora contained in the technological shop-floor air were the following mould species: *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria*, and *Fusarium*, as well as bacteria: *Micrococcus* sp. and *Bacillus* sp. The contamination of the technological shop-floor essentially air affected the microbiological quality of packaging units manufactured in it. The correlation between the packaging contamination degree and the technological shop-floor air contamination was proportional, and the correlation coefficient was  $r = 0.8 \div 0.96$ .

**Key words:** technological shop-floor air, packaging, microflora 