

JAROSŁAW KOWALIK, ANNA TARCZYŃSKA, STEFAN ZIAJKA

SZACOWANIE RYZYKA MIKROBIOLOGICZNEGO – ZASTOSOWANIE W PRODUKCJI I OBROcie ŻYWNOŚCIĄ

Streszczenie

Jakość zdrowotna żywności determinowana jest jej bezpieczeństwem i wartością żywieniową.

Wśród zagrożeń występujących w żywności najwięcej uwagi należy poświęcić zagrożeniom mikrobiologicznym, które mogą prowadzić do zachorowań, epidemii, a w drastycznych przypadkach nawet do śmierci. Działania zmierzające do ochrony zdrowia powinny być oparte na dogłębnych badaniach naukowych oraz fachowej analizie ryzyka. Identyfikacja zagrożeń i ich ocena podczas szacowania ryzyka może być wykorzystana w dalszym etapie rozwoju systemu HACCP.

Podstawy do zbudowania systemu analizy ryzyka sformułowała Komisja Codex Alimentarius, która skupia przedstawicieli rządów dyskutujących o wspólnych standardach w międzynarodowym obrocie żywnością.

Ważnym problemem przemysłu spożywczego jest szacowanie ryzyka mikrobiologicznego MRA (ang. Microbial Risk Assessment). Szacowanie ryzyka mikrobiologicznego jest zwykle prowadzone przez zespoły szacowania, których członkowie są fachowcami w dziedzinach: mikrobiologia żywności, epidemiologia, technologia żywności i rozwój produktów.

Stworzenie i stosowanie komputerowych modeli prognozowania mikrobiologicznego pomaga przewidywać zachowanie mikroorganizmów w procesach, produktach i otoczeniu. Dostępne modele oparte są na danych eksperymentalnych. Po określeniu wszystkich parametrów, obliczeniu równań regresji statystycznej oraz przeprowadzeniu walidacji, mogą być stosowane do prognozowania.

Słowa kluczowe: szacowanie ryzyka, HACCP, bezpieczeństwo żywności, mikrobiologia prognostyczna.

Wstęp

W obliczu zatruc pokarmowych oraz nowych, często trudnych do zidentyfikowania epidemii, dynamicznie zaczęła wzrastać wśród konsumentów świadomość dotycząca bezpieczeństwa żywności. Szczególnie w kilku minionych latach niepokojące były informacje dotyczące choroby szalonych krów (BSE – ang. Bovine Spongiform

Encephalopathy), afery „dioksynowej” w krajach UE czy enterotoksycznego *Escherichia coli* O157:H7 w USA i Szkocji [13].

Ochrona zdrowia ludzkiego w krajach rozwiniętych jest zagwarantowana aktami prawnymi. Podmioty wytwarzające dobra i świadczące usługi konsumentom również tym prawom podlegają. Sejm uchwalając Konstytucję Rzeczypospolitej Polskiej ustanowił, że każdy ma prawo do ochrony zdrowia (Art. 68 ust.1). Również władze publiczne chronią konsumentów, użytkowników i najemców, przed działaniami zagrażającymi zdrowiu, prywatności i bezpieczeństwu oraz przed nieuczciwymi praktykami rynkowymi. (Art. 76) [2, 14].

Bezpieczna żywność

Nad poprawą bezpieczeństwa żywności zaczęto pracować w latach 50. ubiegłego stulecia. Efektem było powstanie systemu zapewnienia bezpieczeństwa zdrowotnego żywności HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) – Analiza Zagrożeń i Krytyczny Punkt Kontrolny. W systemie HACCP, zagrożenia bezpieczeństwa żywności identyfikuje się w każdym etapie produkcji. Poszczególne zagrożenia są opanowane przez monitorowanie parametrów krytycznych podczas pomiarów kontrolnych. Jednak w przypadku przekroczenia granic krytycznych należy podjąć działania korygujące [2].

Samo wdrożenie systemu HACCP nie zagwarantuje bezpieczeństwa zdrowotnego żywności, jeśli podczas procesu produkcyjnego nie będą zachowane właściwe warunki higieny. Wytyczne do zapewnienia tych warunków są opisane w zasadach GMP (Good Manufacturing Practice) – Dobrej Praktyki Produkcyjnej i GHP (Good Hygienic Practice) – Dobrej Praktyki Higienicznej. Pojęcia te są definiowane przez IFST (Institute of Food Science and Technology) – Brytyjski Instytut Nauki o Żywności i Technologii jako połączenie procedur produkcyjnych oraz kontroli zapewnienia jakości gwarantujących, że wytworzone produkty spełniają określone wymagania jakościowe. Zasady GMP są opisywane w formie tzw. Kodeksów GMP lub Kodeksów Praktyki, które zawierają wszystkie zalecenia dotyczące produkcji, jakie musi przestrzegać producent żywności, aby nie naruszyć przepisów sanitarnych obowiązujących w danym państwie [7].

Analiza ryzyka

FAO (Food and Agriculture Organization) – Światowa Organizacja ds. Rolnictwa i Wyżywienia wspólnie z WHO (World Health Organization) – Światową Organizacją Zdrowia na konferencji w Genewie w 1995 r. określiły analizę ryzyka (ang. risk analysis) jako: proces składający się z trzech składowych: oszacowania ryzyka, zarządzania ryzykiem i komunikacji ryzyka [14].

Oszacowanie ryzyka (Risk Assessment) jest to proces oparty na badaniach naukowych, składający się z następujących kroków: identyfikacji zagrożeń, charakterystyki zagrożeń, oszacowania narażenia i charakterystyki ryzyka.

Zarządzanie ryzykiem (Risk Management) jest to proces, odmienny od szacowania ryzyka, polegający na wyważonej polityce konsultacji między wszystkimi zainteresowanymi stronami, rozważającymi szacownie ryzyka i inne czynniki związane z ochroną zdrowia konsumentów i promowaniem uczciwych praktyk handlowych, mająca na celu opracowanie i wprowadzenie w życie strategii kontrolujących ryzyko.

Komunikacja ryzyka (Risk Communication) jest to wymiana informacji i opinii przez proces analizy ryzyka dotyczący zagrożeń i ryzyka oraz czynników wpływających na ryzyko, pomiędzy odpowiedzialnymi za analizę i zarządzanie ryzykiem konsumentami, przemysłem, społecznościami naukowymi oraz innymi zainteresowanymi stronami [8].

Szacowanie ryzyka mikrobiologicznego (MRA – Microbiological Risk Assessment)

Celem szacowania ryzyka mikrobiologicznego jest dostarczenie fachowcom zajmującym się ryzykiem odpowiedzi na pytania, które mogą umożliwić im podejmowanie lepszych, uzasadnionych decyzji dotyczących bezpieczeństwa żywności. W przypadku wystąpienia jakiejś niezgodności osoby odpowiedzialne za ryzyko muszą znać rozmiary tego problemu, żeby zdecydować o konieczności zastosowania środków kontrolnych do zminimalizowania tej niezgodności.

Jednostki zajmujące się ryzykiem muszą określić tolerowany i akceptowany poziom ryzyka zgodnie z zaleceniami WHO i WTO (World Trade Organization) – Światowa Organizacja Handlu. Produkt przedstawiony do importu może być odrzucony, jeśli odbiega od TLR (Tolerable Level of Risk) – Tolerowanego Poziomu Ryzyka lub Akceptowalnego Poziomu Ryzyka. TLR jest wyrażane jako roczna liczba zachorowań na 100 tysięcy ludzi, wywołanych przez czynnik chorobotwórczy zawarty w żywności. W teorii MRA będzie to niezbędne do zdecydowania czy żywność zostanie zaakceptowana do importu, czy też nie. Jeśli wyniki MRA były oszacowane niżej od TLR to żywność zostanie zaakceptowana. Jeśli wyniki szacowania ryzyka mikrobiologicznego będą wyższe niż TLR, to żywność zostanie odrzucona [2].

Jest to przeszkoda w handlu (wbrew celom WTO), zatem należało poszukać innej drogi. Zaproponowano pojęcie: Cel Bezpieczeństwa Żywności – FSO (Food Safety Objective), który ma być alternatywą dla tego problemu. Zamieniono tu „poziom chorób” na „poziom zagrożeń” [11]. FSO określa maksymalną częstotliwość występowania i/lub koncentrację zagrożeń mikrobiologicznych w żywności w momencie konsumpcji, które zapewniają właściwy poziom ochrony zdrowia [2].

Ekspersi zarządzający ryzykiem muszą szukać dowodów, że proponowane FSO jest technicznie osiągalne przez realizację GHP. Jeśli FSO jest nieosiągalne, taki produkt, proces lub FSO powinny być zmodyfikowane. Zarządzający ryzykiem powinni wybrać właściwe środki kontroli do osiągnięcia zamierzonych wyników.

Środek kontrolny jest: „działaniem i czynnością, który może być zastosowany do zapobiegania bądź eliminacji zagrożeń bezpieczeństwa żywności lub ich redukcji do akceptowanego poziomu”. Środki kontrolne powinny być ustalone wg HACCP [8].

Do określania parametrów opisujących środki kontrolne stosuje się następującą terminologię:

Standard wskaźnikowy PS (Performance Standard) – poziom zagrożeń w każdym punkcie łańcucha pokarmowego. (Użycie słowa „standard” nie sugeruje jakiegoś określonego poziomu zagrożeń będącego obowiązkowym wymogiem).

Kryterium wskaźnikowe PC (Performance Criterion) – rezultat jednej czynności procesowej lub połączonych czynności (zmniejszenie lub zwiększenie poziomu mikroorganizmów lub toksyn mikrobiologicznych).

Kryterium procesowe (Process Criterion) – kontrola parametru (czas, temperatura, pH, aktywność wody) od kroku, który może być zastosowany do osiągnięcia kryterium wskaźnikowego.

Kryterium produktu (Product Criterion) – parametr żywności, który zasadniczo zapewnia, że standard wskaźnikowy i FSO są spełnione.

Kryterium mikrobiologiczne (Microbiological Criterion) – akceptowalność produktu oparta na nieobecności lub obecności mikroorganizmów, włączając pasożyty i ich toksyny/metabolity na jednostkę masy, objętości lub partii [2].

Wstępną fazą zarządzania ryzykiem jest ustalenie ryzyka lub standardu mikrobiologicznego (wskaźnikowego). Codex Alimentarius [5] opisuje jakie kryteria mikrobiologiczne powinny być ustanawiane i stosowane:

- bilans dotyczący mikroorganizmów i ich toksyn, metabolitów i wyciągnięcie wniosków,
- analityczne metody ich wykrywania i klasyfikacji,
- plan definiujący liczbę pobieranych próbek i rozmiar jednostki analitycznej,
- granice mikrobiologiczne brane pod uwagę w zależności od rodzaju żywności w specyficznych punktach łańcucha pokarmowego,
- liczba analitycznych jednostek, które powinno się dostosować do tych granic,

Przy podejmowaniu decyzji dotyczącej danego produktu, w związku z ustalaniem kryterium mikrobiologicznego i jego rodzaju, należy rozpatrzyć:

- ewidencje aktualnych i potencjalnych zagrożeń dla zdrowia (ewidencja epidemiologiczna lub rezultaty MRA),
- jakość mikrobiologiczna surowca,
- skutki trwania procesu,

- prawdopodobieństwo i skutki zanieczyszczeń wtórnych podczas produkcji, przechowywania i spożywania,
- kategorie konsumentów w odniesieniu do ryzyka,
- koszty.

Codex Alimentarius [6] podaje również ogólne zasady mikrobiologicznego szacowania ryzyka:

- mikrobiologiczne oszacowanie ryzyka powinno mieć podstawy naukowe,
- należy rozróżnić pojęcia: oszacowanie ryzyka i zarządzanie ryzykiem,
- MRA powinno zostać przeprowadzone według następującej kolejności: identyfikacja zagrożenia, oszacowanie zagrożenia, oszacowanie narażenia i charakterystyka ryzyka,
- MRA powinno wyraźnie określać cel i metodykę badań,
- cele i zasady MRA powinny być jasno sformułowane,
- wszelkie utrudnienia, takie jak: koszty, czas badań muszą być określone i konsekwentnie opisane,
- nieprawidłowości wykazane podczas MRA wymagają rejestracji i opisu,
- wszystkie dane powinny być gromadzone w celu zminimalizowania powstałych w procesie MRA nieprawidłowości,
- MRA powinno uwzględniać dynamikę wzrostu, przeżywalność oraz inaktywację mikroorganizmów w żywności oraz szereg powiązań między ludźmi a skutkami konsumpcji, z ewentualną możliwością ich rozprzestrzenienia,
- dane pochodzące z procesu oszacowania ryzyka należy porównać z niezależnymi informacjami o zachorowalności ludzi,
- należy powtarzać MRA w celu uaktualniania zgromadzonych danych.

Są to bardzo ogólne rozważania stosowane do całej żywności. Zajmując się określoną żywnością, muszą być podjęte decyzje, jakie kryteria będą stosowane w łańcuchu pokarmowym i co osiągniemy przez ich stosowanie [2, 5].

Należy ustalić ryzyko wystąpienia zagrożenia lub czynnika, który może negatywnie wpłynąć na populację. W przypadku mikrobiologicznego bezpieczeństwa żywności, skupia się to głównie na zdolności patogenów do zakażenia produktów lub powodowania chorób [7].

Szacowanie ryzyka mikrobiologicznego składa się z czterech etapów:

1. Identyfikacja zagrożeń, polegająca na odnalezieniu znanych i potencjalnych skutków dla zdrowia związanych z określonym czynnikiem. Proces ten można wyrazić w 2 składowych: dotyczących ekologii i epidemiologii.

Ekologia sprowadza się do określenia mikroorganizmów występujących w surowcach, w czasie produkcji, przechowywania, dystrybucji itp.

Epidemiologia natomiast określa rodzaj i częstotliwość zatruc pokarmowych związanych z danym rodzajem żywności.

2. Oszacowanie zagrożeń, polegające na ilościowym i/lub jakościowym określeniu natury niekorzystnych efektów związanych z czynnikiem biologicznym mogącym wystąpić w żywności.
3. Oszacowanie narażenia, tzw. „określenie ekspozycji”, które określa jakościowy i ilościowy stopień narażenia na czynniki, które mogą wystąpić. W przypadku zagrożeń mikrobiologicznych głównym problemem jest określenie liczby mikroorganizmów, jaką można spożyć w jednej porcji żywności bez konsekwencji zdrowotnych, a więc określenie liczby mikroorganizmów w żywności.
4. Charakterystyka ryzyka, która obejmuje zebranie wszystkich danych z poprzednich etapów. Przedstawione jest jako rozkład prawdopodobieństwa oszacowanego narażenia [9].

Narzędzia do szacowania ryzyka mikrobiologicznego mogą być podzielone na dwie grupy:

- jakościowe narzędzia dotyczące szacowania ryzyka w sposób opisowy,
- ilościowe narzędzia dotyczące liczbowego prognozowania ryzyka.

Jakościowe podejmowanie decyzji może pomóc fachowcom zdecydować, których organizmów mamy się obawiać, jakie są ich cechy i zachowanie. Jakościowa interpretacja ryzyka polega na heurystycznej znajomości. Wiedza heurystyczna istnieje w formie faktów i opinii ekspertów.

Ilościowe narzędzia pomagają obliczyć i oszacować zakres ryzyka. Można je podzielić na narzędzia do dopasowywania wartości i narzędzia oparte na ilościowych modelach prawdopodobieństwa, gdzie rezultaty są prawdopodobieństwami i rozkładami ryzyka.

Obecnie dostępnych jest stosunkowo niewiele centralnych zasobów informacji dotyczących szacowania ryzyka. Wiele informacji jest dystrybuowanych poprzez indywidualnych ekspertów organizacji, artykuły prasowe, prace konferencyjne, książki i internet [2].

Modele prognostyczne

Przewidywanie rozwoju, przeżywalności lub inaktywacji mikroorganizmów w produktach spożywczych może być ułatwione przez opracowywanie modeli matematycznych. Określenie reakcji mikroorganizmów na czynniki wpływające na wzrost drobnoustrojów w żywności umożliwia przewidywanie ich zachowania w żywności na podstawie wykonanych w przeszłości badań [3, 10].

W Polsce, subdyscypliną mikrobiologii żywności, jaką jest „mikrobiologia prognostyczna” zajmuje się od wielu lat prof. dr hab. D. Kołożyn-Krajewska z Zakładu

Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

Dokładność i różnorodność prognozowania zależy od jak najlepszego dopasowania modelu, rozpoznania specyfiki żywności i walidacji wyników analiz mikrobiologicznych danego produktu [4]. Mikrobiologiczne modele prognostyczne mogą być bardzo przydatne przy opracowywaniu parametrów procesów zapobiegających rozwojowi drobnoustrojów i oszacowaniu ryzyka z nim związanego, tak aby można było wcześniej podejmować właściwe kroki w celu wyeliminowania zagrożenia [1]. Mikrobiologia prognostyczna, wywodząca się z mikrobiologii żywności, nabrała znaczącej naukowej rangi w ostatnich latach. Posługuje się ona takimi dziedzinami nauki, jak: matematyka, technologia, chemia i mikrobiologia, które dają możliwość przewidywania zachowań mikroorganizmów w żywności, w danych warunkach [17].

Modele prognostyczne klasyfikuje się według kilku różnych schematów. Obecnie najbardziej znany jest podział zaproponowany przez Whitinga i Buchanana [3]. Pogrupowali oni modele na I-, II- i III- rzędowe.

Model pierwszorzędowy tzw. statyczny opisuje kinetyczne parametry mikroorganizmów przy ustalonych, niezmiennych warunkach otoczenia (np. jedna ustalona wartość temperatury przy wzroście mikroorganizmów w czasie). Statycznych modeli nie bierze się pod uwagę przy zmianach parametrów otoczenia, takich jak np. temperatura [2].

Model drugorzędowy tzw. dynamiczny odnosi się do zmian warunków otoczenia (np. pH, aktywność wody, stężenie kwasów organicznych) i kinetycznych parametrów mikroorganizmów. Zmiany w mikrobiologicznym zachowaniu są np. monitorowane przez kontrolę temperatury.

Model trzeciorzędowy opisuje włączenie modeli I- i II- rzędowych do użytecznych pakietów programów komputerowych. Modele te są włączone w różnych funkcjach integratorów tj. temperatura, aktywność wody lub pH. Użytkownicy tych programów komputerowych nie muszą być świadomi technik modelowania, niekonieczne jest dla nich podpieranie się modelami I- czy II- rzędowymi. Modele trzeciorzędowe czynią mikrobiologię prognostyczną łatwym i dostępnym narzędziem we wszystkich obszarach przemysłu spożywczego [16].

Wśród narzędzi, które służą do projektowania, prognozowania i walidacji wyników wyróżnia się:

- Wspieranie podejmowania decyzji przy identyfikacji zagrożeń (mogą to być np. drzewka decyzyjne umożliwiające przedstawienie skonstruowanego szeregu pytań związanych z istotą podejmowanych decyzji).
- Pakiety, które mogą być użyte do rozwoju modelu i walidacji (modele statystyczne, specjalnie zaprojektowane do pomocy w kreowaniu modeli prognostycznych, np. zaproponowany przez IFR (Institute of Food Research) – Instytut Badawczy

Żywności w Wielkiej Brytanii. Są to Microfit i DMFIT. Obydwa pomagają w dopasowaniu, kreśleniu i analizowaniu krzywej wzrostu z danych mikrobiologicznych.

- Gotowe modele (należy tu wymienić program komputerowy Pathogen Modelling Program, opracowany przez Amerykański Departament Rolnictwa, w formie pokazowej dostępny bezpłatnie przez internet. Po wyborze określonego patogenu przy uwzględnieniu takich parametrów, jak: temperatura, pH, aktywność wody możemy obliczyć czas wzrostu i czas redukcji, a wyniki przedstawić na wykresie lub w tabeli.

Metody impedymetryczne w badaniach mikrobiologicznych

W analizach mikrobiologicznych wykorzystuje się metody impedymetryczne.

Impedancja jest opornością przepływu prądu zmiennego przez przewodzącą pożywkę.

Zasada oparta jest na wykorzystaniu zjawiska zmiany przewodności elektrycznej układu, jaki stanowi pożywka hodowlana wraz z mikroorganizmami wniesionymi z badanym materiałem.

Żywe komórki w czasie wzrostu i namnażania powodują zmianę składu pożywki, przekształcając słabo zdysocjowane lub niezdisocjowane związki wielkocząsteczkowe (polisacharydy, tłuszcze, białka) w dobrze dysocjujące związki o mniejszej masie molekularnej, takie jak kwasy organiczne, kwasy tłuszczowe, aminokwasy. Nagromadzenie produktów metabolizmu powoduje obniżenie oporu medium w czasie przepływu prądu elektrycznego pomiędzy elektrodami zanurzonymi w hodowli mikroorganizmów, co zostaje zarejestrowane przez układ pomiarowy. Pomiar zmiany impedancji pożywki może służyć jako narzędzie do wykrywania obecności drobnoustrojów lub ich aktywności metabolicznej. Ogromną zaletą metody impedymetrycznej jest to, że można równocześnie analizować wiele prób, a także znacznie krótszy czas trwania w porównaniu z metodami tradycyjnymi, oszczędność materiałów i automatyczna interpretacja wyników [11, 12].

Po dokonaniu kalibracji w odniesieniu do konwencjonalnej metody płytkowej urządzenie impedymetryczne wykorzystywane jest do opracowywania modeli prognostycznych pomagając w analizie wzrostu mikroorganizmów.

Podsumowanie

Szacowanie ryzyka mikrobiologicznego staje się samodzielną dyscypliną naukową. Faktem jest, że jej rozwój następuje wraz z doskonaleniem technik analiz mikrobiologicznych i programów komputerowych. Od dobrej współpracy międzynarodowej (wymiany informacji, gromadzenia danych, konsultacji i wspólnych analiz wyników)

zależać będzie postęp działań w kierunku rozwiązywania problemów związanych z bezpieczeństwem żywności.

Literatura

- [1] Bourgeois C.M.: Quality and safety assurance. *Eur. Food Drink Rev.*, 1997, **9**, 65.
- [2] Brown M., Stringen M.: Microbiological risk assessment in food processing. Woodhead Publishing Limited, Cambridge 2002.
- [3] Buchanan R.L.: Predictive food microbiology: Trends *Food Sci. Technol.*, 1993, **4**, 1-6.
- [4] Buchanan R., Whiting R.C.: Risk assessment and predictive microbiology. *J. Food Prot.*, 1996, Supplement, 31-36.
- [5] Codex Alimentarius Commission: Principles for the Establishment and Application of Microbiological Criteria for Foods. CAC/GL-21, FAO 1997.
- [6] Codex Alimentarius Commission: Principles and Guidelines for the Conduct of Microbiological Risk Assessment. CAC/GL-30, FAO/WHO 2001.
- [7] Dzwolak W., Sztejn J., Ziąja S.: Warunki wstępne wdrażania systemu HACCP w przemyśle mleczarskim. FAPA, Warszawa 2000.
- [8] McNab B.: Risk Assessment Frameworks - Basics Principles of Risk Analysis and Decision Analysis. http://www.foodriskclearinghouse.umd.edu/risk_analysis.cfm, 2003-15-08.
- [9] Kołożyn-Krajewska D. (red.): Higiena produkcji żywności. Wyd. SGGW, Warszawa 2001.
- [10] Kołożyn-Krajewska D., M. Jałosińska-Pieńkowska, Prognozowanie mikrobiologiczne jako narzędzie kształtowania bezpieczeństwa żywności: *Przem Spoż.*, 2003, **2**, 32-34.
- [11] Kunicka A., Wykorzystanie metody impedymetrycznej w analizie mikrobiologicznej: *Laboratoria. Aparatura. Badania*, 2000, **5**, 18-21.
- [12] *Mikrobiologia techniczna*, pod red. Libudzisz Z. i Kowal K. Wyd. PŁ, Łódź 2000.
- [13] McDonald K., Da-Wen Sun: Predictive food microbiology for the meat industry a review. *Int. J. Food Microbiol.* 1999, **52**, 1-27.
- [14] Tyszkiewicz S.: Zasady analizy ryzyka i zasady ostrożności w prawie żywnościowym. *Żywność. Nauka. Technol. Jakość*, 2000, **1 (22)**, 5-17.
- [15] Van Schothorst M.: Principles for the establishment of microbiological food safety objectives and related control measures. *Food Control*, 1998, **9**, 379-387.
- [16] Whiting R.C.: Microbial modeling in foods. *Food Sci. Nutr.*, 1995, **35**, 467-494.
- [17] Zwietering M., de Koos J., Hasenack B., de Wit J., van't Riet K.: Modelling of the bacterial growth curve. *Appl. Envir. Biol.*, 1991, **57**, 1094-1101.

THE APPLICATION OF MICROBIAL RISK ASSESSMENT IN FOOD PRODUCTION AND FOOD TRADE

Summary

Health quality of foods is determined by their safety and nutrition quality.

Among the hazards appearing in food, the microbial hazard is the one deserving the highest and close attention, because it can result in diseases, epidemics, and, in some serious cases, even in death. Health protection activities should be based on detailed researches and professional risk analysis.

The identification of various risks and their estimation during a risk assessment procedure can be applied in an advanced phase of the entire development of the HACCP system.

The 'Codex Alimentarius' Commission founded a basis for the risk analysis system. A microbial risk assessment (MRA) constitutes an important issue within the food industry. Special assessment units usually conduct a microbial risk assessment and their members are professionals specialized in the following domains: food microbiology, epidemiology, food technology, and product development.

Computer developed models of microbiological forecasts models appear very useful and supportive while predicting behaviors of microorganisms in ongoing processes, in products, and in the environment.

The majority of models available are empirical ones based on experimental data. As soon as all necessary parameters are determined, statistic regression equations are calculated, and the validation is successfully completed, a developed computer forecast model can be used to make due forecasts.

Key words: risk assessment, HACCP, food safety, predictive microbiology. ☒