

## **Analýza rizika z hľadiska HACCP a prediktívna mikrobiológia**

*Referát prednesený na konferencii „Hygiena výživy na prelome tisícročia“,  
Košická Belá 23. a 24. 6. 1998*

FRIDRICH GÖRNER - LUBOMÍR VALÍK

**SÚHRN.** V súvislosti s globalizáciou obchodu s požívatinami mimoriadne narastá výskyt alimentárnych nákaz a intoxikácií u ľudí.

Berúc do úvahy túto skutočnosť, FAO/WHO iniciujú systematické analýzy potenciálnych nebezpečenstiev a určenie a hodnotenie veľkosti a vážnosti rizika pre konzumentov požívatín. Procesy identifikácie a ovládania potenciálnych zdravotných nebezpečenstiev, ako aj procesy rozhodovania o možnostiach ich eliminácie alebo minimalizácie, vyžadujú hodnoverné vedecké informácie.

Pri určovaní kritických a operačných limitov pre technologické procesy zabezpečujúce eliminácie alebo minimalizácie nebezpečenstiev, prípadne zabezpečenie dodržiavania hygienických akostných znakov, sa využívajú metódy matematického modelovania a prediktívnej mikrobiológie.

**KLÍČOVÉ SLOVÁ:** HACCP, nebezpečenstvo, mikrobiálne riziko, prediktívna mikrobiológia

V nadpise tohto príspevku sú uvedené oblasti aplikovaného vedného odboru hygiena požívatín, ktoré sú v posledných rokoch v odbornej literatúre často a široko diskutované [1-11]. Príčiny vzniku príslušných štúdií a z nich vyplývajúcich odporúčaní a predpisov spočívajú predovšetkým v skutočnosti, že vo svete mimoriadne narastá výskyt alimentárnych nákaz a intoxikácií u ľudí. V správe Komisie Codex Alimentarius CL 1997/42-FH [7] sa uvádza, že boli identifikované tzv. „nové“ alimentárne ochorenia mikrobiálneho pôvodu, napr. infekcie spôsobené enterohemoragickými *Escherichia coli* O157:H7 a znovu sa zisťuje šírenie tzv. „starých“ alimentárnych otráv spôsobených neinvazívnymi salmonelami. Podľa citovanej správy je tento jav spôsobený narastajúcim medzinárodným cudzineckým

---

Prof. Ing. Dr. Fridrich GÖRNER, DrSc., Ing. Lubomír VALÍK, CSc., Katedra mlieka, tukov a hygieny požívatín, Chemickotechnologická fakulta STU, Radlinského 9, 812 37 Bratislava.

ruhom, medzinárodným obchodom s požívatínami, adaptáciou príslušných mikroorganizmov na zmenené podmienky ich prostredia, zmenami v technologických procesoch získavania, opracovania, spracovania, finalizácie a distribúcie požívatín, zmenami v stravovacích zvyklostiach ľudí, ako aj v demografickom zložení ľudskej populácie. Preto zabránenie vzniku a prenosu možných nebezpečenstiev spôsobujúcich ochorenie ľudí vo veľkom meradle vyžaduje už presne vedecky definované a ekonomicky únosné prístupy k ich hodnoteniu, ako aj na ich ovládanie a zníženie z nich vyplývajúcich konkrétnych rizík.

V tejto súvislosti sú v úradných odporúčaniach, v predpisoch, ako aj vo vedeckých prácach s touto problematikou často frekvencované pojmy:

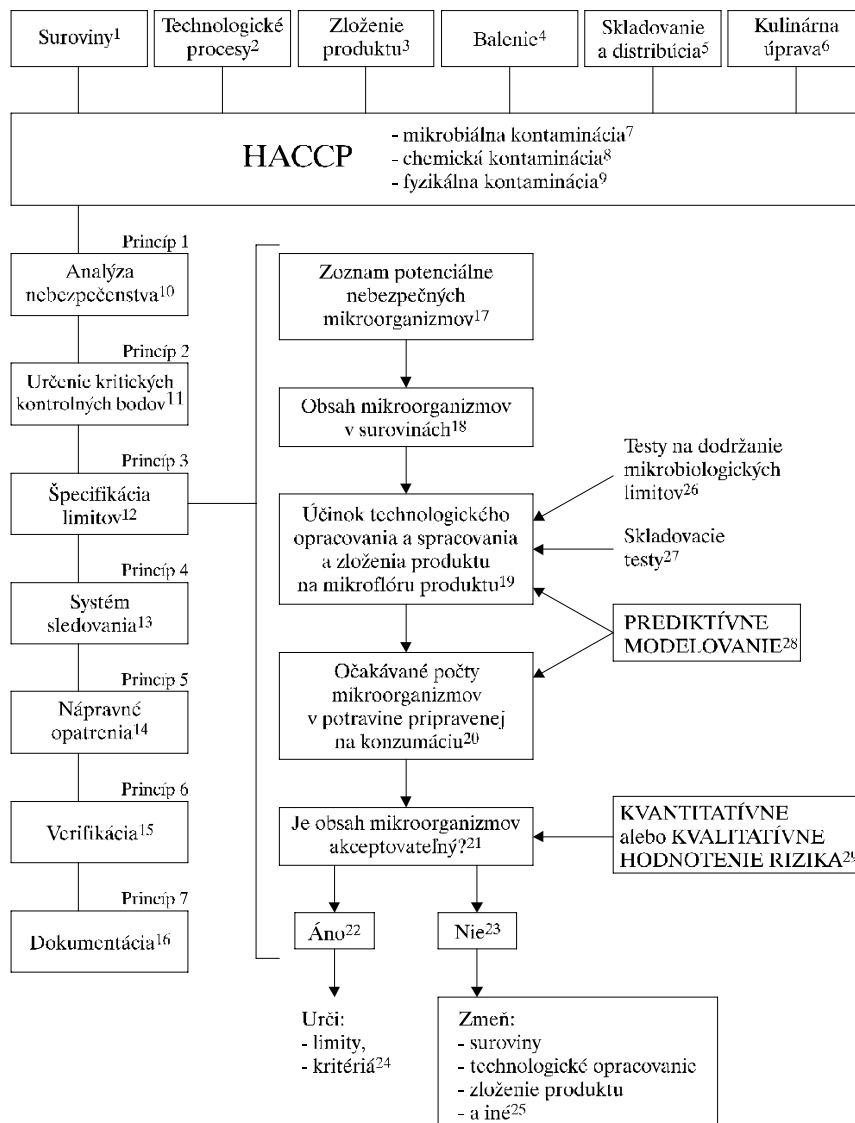
- HACCP, čiže analýza nebezpečenstiev a z nich vyplývajúcich rizík a ich ovládanie v kritických bodoch technologických procesov ich získania, opracovania, spracovania, finalizácie, manipulácie, kulinárnej úpravy a konzumácie.
- Ovládanie biologického, chemického alebo fyzikálneho nebezpečenstva a kvalitatívny alebo kvantitatívny odhad rizika vyplývajúceho z neovládnutia nebezpečenstva.
- Prediktívna alebo predpovedná mikrobiológia požívatín.

Otázkou je, či a ako tieto pojmy a ich obsahy navzájom súvisia alebo nesúvisia? V čase hlbkej špecializácie ľudských činností sa môže stať, že jednotliví odborníci budú svoj odbor veľmi starostlivo a do hĺbky študovať, pričom sa im môžu stratiť širšie súvislosti. Podobne ako kopáči studní, ktorí čím budú hlbšie, tým menej dovidia na susedného kopáča.

Aby sa strohé oficiálne odporúčania FAO/WHO, ako aj Komisií Codex Alimentarius, v každodennej praxi jednotlivých zúčastnených štátov realizovali rovnako, viacerí medzinárodne uznávaní potravinárski vedci a realizátori sa vedecky a realizačne zamýšľali nad týmito pojmami a s nimi spojenými otázkami. Problémy sa tiež objavujú pri prekladoch odborných termínov z oficiálneho anglického jazyka do príslušných národných jazykov, ktoré sa vyriešia v príslušnej hlave Potravinového kódexu SR.

### *Odhad rizika pri systémovom postupe zabezpečenia hygienickej bezchybnosti požívatín realizáciou princípov HACCP*

Na grafickom znázornení (obr. 1) je vidno, že jeho stredobodom je systémový prístup k výrobe hygienicky bezchybných požívatín postupom HACCP [12,13,17]. Tento prístup sa dotýka surovín, parametrov technologických procesov, zloženia a vlastností surovín, skladovania a predaja, kulinárnej úpravy



OBR. 1. Odhad rizika a prediktívna mikrobiológia v systéme HACCP [8] (upravené).

FIG. 1. Risk assessment and predictive microbiology in HACCP system [8] (modified).

1 - raw materials, 2 - process design, 3 - product composition, 4 - packaging, 5 - storage and distribution, 6 - consumer preparation, 7 - microbial contamination, 8 - chemical contamination, 9 - foreign materials, 10 - hazard analysis, 11 - determination of critical control points, 12 - specification of criteria, 13 - implementation of monitoring system, 14 - corrective action, 15 - verification, 16 - documentation, 17 - list of potentially hazardous microorganisms, 18 - numbers of organisms present in raw materials, 19 - effect of processing product composition etc. on contamination of the end product, 20 - numbers of organisms expected to be present in ready eat food products, 21 - levels acceptable?, 22 - yes, 23 - no, 24 - set: limits, criteria, 25 - change: raw material, process design, product composition, etc., 26 - microbiological challenge testing, 27 - storage tests, 28 - predictive modelling, 29 - quantitative or qualitative risk assessment.

vo veľkokuchyniach a v domácnostiach, ako aj spôsobov konzumácie vyrobených požívatinových produktov. Nás v tejto súvislosti zaujímajú najmä mikrobiologické otázky.

Ďalej je na grafickom znázornení naznačených sedem princípov systému HACCP. Pri treťom princípe sa realizujú alebo sa musia skúmať hygienické kritériá alebo limity, ktoré sú požadované od príslušných technologických operácií alebo vyrobených produktov. Rozoznávajú sa pritom limity kritické, ktoré nesmú byť v žiadnom prípade prekročené alebo musia byť dodržiavané, lebo v opačnom prípade by mohlo vzniknúť zdravotné nebezpečenstvo. V technologickej praxi sa musia potom dodržiavať tzv. operačné limity, ktoré musia byť realizované pri výrobe, aby sa vylúčilo prekročenie alebo nedodržanie kritického limitu. Napr. pri šetrnej pasterizácii mlieka sa z hľadiska devitalizácie *Mycobacterium tuberculosis* a ostatných nežiadúcich mikroorganizmov za kritický limit považuje teplota mlieka 72,5 °C pôsobiaca 20 s (prepínanie toku mlieka) a operačným limitom je v tomto prípade teplota 75 °C pôsobiaca na mlieko 20 s. Pri chemickej kontrole takto pasterizovaného mlieka je kritickým limitom negatívna reakcia na prítomnosť enzýmu alkalická fosfatáza.

Na určenie a potom dodržiavanie príslušných kritických a operačných limitov sa musia podľa Notermansa [12] uskutočniť nasledovné činnosti:

- zostaviť zoznam potenciálne nebezpečných mikroorganizmov v surovine alebo v polovýrobku (ich kategorizácia) [14,15],
- kvantifikovať prítomnosť týchto mikroorganizmov v príslušnej surovine alebo v polovýrobku,
- zistiť a stanoviť vplyv príslušnej technologickej operácie na produkt (vlastnosti, zloženie) a stanoviť jej účinok na mikroorganizmy,
- určiť možnú akceptovateľnú prítomnosť (počet) mikroorganizmov prichádzajúcich do úvahy v konzumovateľnom technologicky ošetrovanom produkte,
- pomocou kvantitatívnej analýzy rizika rozhodnúť, či stanovené množstvá mikroorganizmov v produkte sú z hygienického hľadiska akceptovateľné alebo nie [16],
- ak sú akceptovateľné, určiť kritický a operačný limit,
- ak nie sú akceptovateľné, musí sa nájsť vhodnejšia východzia surovina alebo polovýrobok, alebo sa musia upraviť parametre technologickej operácie.

Správnosť voľby parametrov príslušných technologických operácií a ich vplyv na produkt a účinok na mikroorganizmy sa môže v ošetrovaných produktoch overovať:

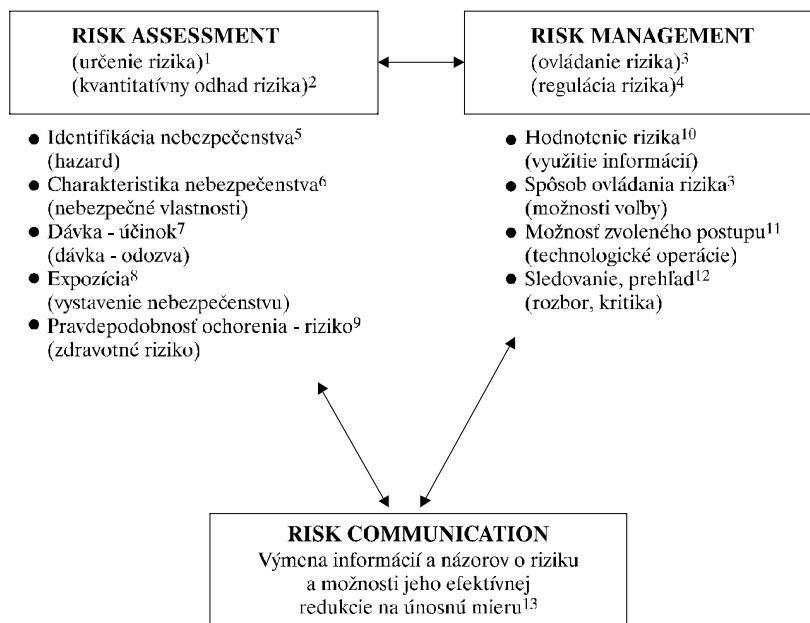
- skladovacími alebo pomnožovacími testami,

- metódou prediktívneho modelovania správania sa mikroorganizmov,
- mikrobiologickou analýzou dodržiavania požadovaných kritérií.

### *Kvalitatívny alebo kvantitatívny odhad rizika a ovládnutie mikrobiálneho nebezpečenstva*

V oblasti kvalitatívneho alebo kvantitatívneho odhadu rizika a ovládania, v našom prípade mikrobiálneho (biologického) nebezpečenstva, sa môžu názory vedeckých autorov v zhode s oficiálnymi odporúčaniami FAO/WHO [10,13,16,18] zhrnúť, ako je znázornené na obr. 2.

Štruktúra analýzy rizika a jeho zníženie sa podľa uvedených autorov skladá zásadne z troch skupín činností odborníkov, ktoré sa navzájom prelínajú a v praktickom živote sa aj v minulosti istým spôsobom realizovali, aj keď nie takto systematicky.



OBR. 2. Štruktúra analýzy rizika [7,9,12,14].  
FIG. 2. Structure of risk analysis [7,9,12,14].

1 - risk identification, 2 - quantitative risk assessment, 3 - risk control, 4 - risk regulation, 5 - hazard identification, 6 - description of hazard, 7 - exposure - response, 8 - exposition, 9 - probability - risk, 10 - risk evaluation, 11 - used approach - processing, 12 - monitoring, survey, 13 - discussion of the risk and its elimination and minimisation to the acceptable level.

Predovšetkým sa musí urobiť „kvalitatívny alebo kvantitatívny odhad rizika“. V pôvodných dokumentoch je označovaný pojmom „risk assessment“. Obsahom činností tohto okruhu je všeobecné oboznámenie sa s príslušným nebezpečenstvom. S týmto cieľom sa najprv identifikuje nebezpečenstvo prichádzajúce do úvahy, potom sa popíše jeho vlastnosti, skúma a posúdi sa vzťah medzi dávkou príslušného agensu a jeho účinkom na človeka, analyzuje a posúdi sa, nakoľko sú ľudia tomuto nebezpečenstvu vystavení. Zhrnutím týchto poznatkov sa určí pravdepodobnosť ochorenia, t.j. veľkosť rizika, ktoré vyplýva z analyzovaného nebezpečenstva.

Skupina činností odborníkov v druhom okruhu je zameraná na „ovládnutie, riadenie alebo reguláciu rizika“ a jeho zníženie na únosnú mieru. V pôvodných dokumentoch je táto činnosť označovaná pojmom „risk management“. V tomto prípade úlohou odborníkov je navrhnúť a aplikovať spôsoby a postupy na ovládnutie alebo aspoň na minimalizáciu identifikovaného nebezpečenstva a s ním súvisiaceho zníženia rizika, t.j. pravdepodobnosti vzniku ochorenia.

Tretím okruhom činností je realizácia opatrení vedúcich k ovládnutiu alebo k minimalizácii odhadnutého rizika. Realizácia vhodných opatrení sa však musí uskutočniť v zhode s ďalšími faktormi pôsobiacimi v ľudskej spoločnosti. Uskutočňuje sa v procese „komunikácie medzi potrebou a možnosťami ovládnutia alebo minimalizácie rizika“. V pôvodných dokumentoch sa označuje pojmom „risk communication“. Pritom sa musia zladať názory a záujmy zodpovedných činiteľov z oblasti zdravotníctva, hospodárstva, financií, bezpečnostnej politiky štátu, výrobcov potravín, ako aj ich konzumentov. Výsledkom komunikácie o riziku musí byť realizovateľné rozhodnutie.

V nadväznosti na teóriu štruktúry hodnotenia rizika uvedieme dva príklady z literatúry. Schothorst [16] sa v Nemecku zaoberal hodnotením rizika vyplývajúceho z nebezpečenstva, ktorým je *Listeria monocytogenes*. Je to patogénny mikroorganizmus značne odolný voči nepriaznivým vplyvom prostredia. Nie je náročný na rastové médium a rastie aj pri chladničkových teplotách. Pri odhade rizika v súvislosti s týmto mikróboom autor vychádzal zo štatistických údajov, podľa ktorých sa v Nemecku, pri počte približne 83 miliónov obyvateľov, zaznamenalo za rok takmer 300 prípadov listerióz.

Systematickým mikrobiologickým vyšetrením potravín ako mäso, mäsové produkty, výrobky z rýb, syry, šaláty a cestoviny, bolo zistené, že u 7 % vzoriek mäsa a výrobkov z neho boli listérie identifikované a stanovené z 1 g návažky najčastejšie v denzitách nižších ako 100 KTJ.g<sup>-1</sup>, v menšom množstve vzoriek aj vo významne vyšších denzitách. Ďalej sa zistilo, že listériami boli mimoriadne kontaminované údené ryby. Vo vysokom

počte vzoriek týchto rýb boli stanovené obsahy listérií v denzitách vyšších ako 10000 KTJ.g<sup>-1</sup>. Túto skutočnosť považoval citovaný autor za zvlášť významnú, lebo údené ryby sa konzumujú prevažne bez ďalšej tepelnej úpravy. Z hľadiska odhadu rizika z potravy a obsahu príslušných mikroorganizmov v nej analyzoval aj vzťah medzi dávkou a jej účinkom na človeka. Podľa štatistických údajov, ktoré mal k dispozícii v tom čase, bola konzumácia mäsa a výrobkov z neho 28,5 kg za rok a údených rýb 1,0 kg za rok. Jedna priemerná dávka týchto potravín (naraz konzumované množstvo) bola asi 100 g.

Pri ďalšom kroku analýzy a hodnotenia rizika autor vychádzal z predpokladu, že zaznamenané ochorenia na listeriózu z potravín boli spôsobené konzumáciou údených rýb, ktoré obsahovali *Listeria monocytogenes* viac ako 10000 KTJ.g<sup>-1</sup> a že asi 20 % populácie bolo náchylných na toto ochorenie. Z týchto údajov vypočítaná pravdepodobnosť vzniku ochorenia, t.j. riziko bolo pri kontaminácii údených rýb s *L. monocytogenes* vyššej ako 10000 KTJ.g<sup>-1</sup> 1:6000 (0,6 %) a pri kontaminácii nižšej ako 100 KTJ.g<sup>-1</sup> bola pravdepodobnosť ochorenia 1:100000 (0,001 %) až 1:1000000 (0,0001 %).

Dôležité je autorovo konštatovanie, že riziko ochorenia na listeriózu by mohlo ďalej stúpať aj pri pôvodnej kontaminácii údených rýb denzitami *L. monocytogenes* nižšími ako 100 KTJ.g<sup>-1</sup>, ak by sa listérie mohli v týchto potravinách rozmnožovať pri nevhodných podmienkach ich uchovávaní. Teoreticky by sa preto mala v údených rybách požadovať tzv. „nulová tolerancia“ obsahu týchto baktérií.

Táto teoretická požiadavka by musela však obstáť v tretej časti hodnotenia rizika, t.j. pri komunikácii o riziku a o možnostiach ovládnutia príslušného nebezpečenstva s cieľom znížiť riziko. Reálne kalkulatelné riziko sa totiž nedá určiť bez účasti ďalších faktorov pôsobiacich v spoločnosti. Autor konštatuje, že cieľom výrobcov a hygienikov požívatín nemôže byť v tomto prípade úplná eliminácia listérií z prostredia potravín. Ich rozmnožovanie v potravinách sa však musí reálne zamedziť, čiže treba minimalizovať toto potenciálne nebezpečenstvo. V tejto súvislosti sa núka myšlienka využitia prístupov prediktívnej mikrobiológie.

Ako druhý príklad analýzy rizika môže slúžiť spórotvorný mikrób *Bacillus cereus* a jeho obsah v surovom a pasterizovanom mlieku [19-21]. Táto otázka súvisí s požiadavkami predĺženia trvanlivosti pasterizovaného mlieka z titulu koncentrácie opracovania a spracovania mlieka do menšieho počtu veľkokapacitných závodov [23]. Táto skutočnosť má za následok značné predlžovanie času medzi získaním mlieka, jeho spracovaním, dodaním do malopredajní, uchovávaním v domácnosti a konzumáciou pasterizovaného mlieka na viac ako jeden týždeň.

*Bacillus cereus* je v prírode bežným mikroorganizmom. Vo významnom množstve sa nachádza v krmivách dojníc. Jeho spóry prechádzajú neporušené cez tráviaci a zažívaci trakt dojníc a sekundárne aj do nadojeného mlieka. Pre termorezistenciu jeho spór prežíva aj pasterizáciu. V čerstvom pasterizovanom mlieku býva obvyčajne menej ako 10 spór v 1 ml [23].

Z hľadiska správnej technológie získania, prvého ošetrenia a požadovanej dlhšej doby trvanlivosti v pasterizovanom stave, má *Bacillus cereus* najmenej dve nepríjemné vlastnosti [19,20]. Prvou je skutočnosť, že niektoré jeho kmene sú psychrotrófné. Jeho optimálna teplota je síce blízka 30 °C, ale niektoré kmene dobre rastú aj pri chladničkových teplotách, napríklad pri 7 °C. Druhou nepríjemnou vlastnosťou je skutočnosť, že niektoré kmene *B. cereus*, tvoria v mlieku exotoxíny, ak majú dostatok času na rozmnoženie. V písomníctve sa uvádzajú dve skupiny týchto toxínov, tzv. zvracací a tzv. hnačkový. Hnačkový toxín je termostabilný.

Na základe týchto skutočností je zrejmé, že *Bacillus cereus* sa môže za vhodných okolností aj v pasterizovanom mlieku, konkrétne s predĺženou trvanlivosťou, stať nebezpečným biologickým faktorom (nebezpečenstvom) pre konzumentov. Na túto skutočnosť poukázali pracovníci Okresnej hygienickej stanice v Nitre [19]. V jednom školskom internáte podávali k jedlám pasterizované mlieko. Mlieko, ktoré sa za deň nespotrebovalo uchovávali cez noc v chladničke a na druhý deň ho miešali s čerstvým pasterizovaným mliekom. Po konzumácii takéhoto dlhší čas uchovávaného pasterizovaného mlieka, ochorelo naraz spolu 347 osôb s príznakmi typickými pre otravu toxínmi produkovanými mikróboom *Bacillus cereus*. Z takéhoto pasterizovaného mlieka vypestovali *Bacillus cereus*  $1,4 \cdot 10^7$  až  $1,9 \cdot 10^7$  KTJ.ml<sup>-1</sup>.

Pre hodnotenie a odhad rizika bolo takto nebezpečenstvo, biologický agens *B. cereus*, identifikovaný. Vzťah medzi dávkou a účinkom je v potravinárskej mikrobiológii ťažko určiteľný. Ťažkosť je spôsobená variabilitnosťou vlastností príslušného mikroorganizmu a odlišnou citlivosťou vnímavých jedincov. Členské štáty EÚ požadujú pre obsah *Bacillus cereus* v pasterizovanom mlieku hranicu 10<sup>4</sup> KTJ.ml<sup>-1</sup>. Je preto potrebné určiť podmienky, pri ktorých obsah *Bacillus cereus* v pasterizovanom mlieku neprekročí uvedenú hranicu.

Pre zvládnutie tejto požiadavky sa črtajú v podstate tri možnosti. Jednou je zníženie počtu spór *Bacillus cereus* v surovom mlieku zvýšením požiadaviek na hygienu dojenia a prvého ošetrenia mlieka na mliečnych hospodárstvach. Druhou možnosťou je zníženie teploty uchovávania pasterizovaného mlieka na hranicu 4 °C, a to na celej jeho ceste od výrobcu pasterizovaného mlieka až po jeho uchovávanie v chladničke spotrebiteľov. Tretou možnosťou by bolo skrátenie uchovávania, čo by bolo v rozpore s požadovaným cieľom [13].

Rozhodnutie závisí od daných možností za konkrétnych podmienok v danej situácii. V prípade uvedeného hromadného ochorenia obyvateľov školského internátu bolo riešenie jednoduché. Realizovalo sa každodenným podávaním čerstvého pasterizovaného mlieka odoberaného denne priamo z miestneho mliekárenského závodu.

Z hľadiska koncentrácie spracovania mlieka do menšieho počtu veľkokapacitných mliekárenských závodov by mohla dať odpoveď metóda matematického modelovania rastu *Bacillus cereus* pri zohľadnení veľkosti inokula, teploty inkubácie, času inkubácie a požadovaného limitu pre obsah *Bacillus cereus* v pasterizovanom mlieku pred jeho konzumáciou.

### *Modelovanie množenia mikroorganizmov metódou prediktívnej mikrobiológie*

Matematické modelovanie správania sa mikroorganizmov v konkrétnych podmienkach vplyvujúcich na hygienu požívateľín má praktický význam v situáciách, keď nie je možné dosiahnuť dostatočnú elimináciu sledovaných mikroorganizmov a ich metabolitov použiteľnou technologickou operáciou [23-27].

Princíp matematického modelovania rastu mikroorganizmov a možnej tvorby mikrobiálnych toxínov v určitom prostredí požívateľín s jeho definovanými vonkajšími a vnútornými faktormi spočíva v skutočnosti, že rast mikrobiálnych kultúr, napriek ich biologickej zložitosti, podlieha pomerne jednoduchým zákonitostiam. Významnými údajmi sú:

- počiatkový počet mikroorganizmov,
- požadovaný konečný počet mikroorganizmov,
- požadovaný čas uchovávanía požívatiny,
- teplota uchovávanía a
- ďalšie významné faktory vnútorného a vonkajšieho prostredia požívatiny alebo jedla.

Pre matematické modelovanie musia byť k dispozícii experimentálne rastové čiary sledovaného mikroorganizmu vo vzťahu k faktorom významným pre testované prostredie konkrétnej požívatiny. Potom, použijúc vypočítaný vzťah alebo overený model medzi parametrami rastových čiar a faktormi prostredia významnými pre testovanú požívatinu, môžeme v predikcii aplikovať konkrétny faktor prostredia a namiesto zdĺhavej experimentálnej práce ďalej definovať (opísať) správanie sa mikroorganizmu za podmienok, ktoré neboli zahrnuté v experimentálnych pokusoch.

V konkrétnom prostredí požívatiny môžeme meniť faktory vnútorného alebo vonkajšieho prostredia, napr. aktivitu vody ( $a_w$ ), aktívnu kyslosť (pH), redoxný potenciál ( $E_h$ ), teplotu, obsah konzervačnej látky a pod. Tieto faktory prostredia však musíme v konkrétnej požívatine dostatočne presne stanoviť.

Ako pri všetkých meraniach a zovšeobecňovaní získaných výsledkov musí sa počítať aj s príslušnou presnosťou metódy, variabilitou vlastností aj rovnakého druhu mikroorganizmu, s presnosťou dodržiavania hodnoty zvoleného faktora prostredia a pod. Čiže, skôr než sa experimentálne získané výsledky zovšeobecnia, musia sa podrobiť príslušnej matematicko-štatistickej analýze a zhodnoteniu.

Metóda prediktívnej mikrobiológie má dve na sebe závislé zložky. Jednou je zložka pre praktické používanie pri predpovedaní správania sa určitého mikróbu v určitej požívatine za určitých podmienok vonkajšieho a vnútorného prostredia. Táto zložka je obsahom programu (databázy), ktorý môže dať odpoveď na danú otázku. Ako sa už uviedlo, otázkami môžu byť: aký počet mikroorganizmov sa dosiahne za určitý čas, alebo čas, za ktorý sa dosiahne určitý počet mikroorganizmov saprofytických, toxínogénnych alebo inak choroboplodných. Obdobne sa môžeme pýtať na tvorbu významných metabolitov ako toxínov, inhibičných látok, organických kyselín a podobných látok v závislosti od času a iných podmienok. Rovnako nás môže zaujímať správanie sa bakteriálnych spór, ich klíčenie, sporulácia alebo také vlastnosti, ako sú termorezistencia a pod. Odpovede na tieto a podobné otázky môže poskytnúť napr. databáza Food Micromodel [28].

Druhou je experimentálna a matematická zložka, ktorá predchádza prvej. S touto sa praktický mikrobiológ stretáva spravidla iba teoreticky. Vyžaduje si úzku spoluprácu teoreticky vzdelaných a prakticky skúsených mikrobiológov a v matematickom modelovaní mikrobiálnych procesov erudovaných matematikov. Pomocou tejto náročnej a prácnej činnosti sa získavajú podklady pre zhotovovanie požadovaných a praktikmi využívaných databáz.

Metóda prediktívnej mikrobiológie v praxi umožňuje:

- predpovedať následky zmeneného prostredia na trvanlivosť a hygienickú bezchybnosť požívatín (pomocou nej je možné navrhnúť vhodnú úpravu podmienok prostredia vzhľadom na zabezpečenie trvanlivosti a hygienickej bezchybnosti novovytvoreného potravinárskeho produktu),
- objektívne odhadnúť a stanoviť parametre technologických operácií z hľadiska kritických a operačných limitov pri výrobe určitého produktu s ohľadom na požiadavky systému HACCP,
- objektívne odhadnúť následky novej odchýlky parametrov technologických operácií na mikrobiologicky chýlostivý produkt v procese spracovania a spracovania, ako aj skladovania.

Správne pochopenie a aplikácia systému HACCP v praxi vyžadujú množstvo technických, technologických a v neposlednom rade vedeckých informácií. Predovšetkým vedecké poznatky z mikrobiológie slúžia na posúdenie, selekciu a analýzu potenciálnych nebezpečenstiev súvisiacich s výrobou a konzumáciou potravín. Posúdenie pravdepodobnosti vzniku ochorenia, t.j. rizika a jeho (zá)vážnosti, je súčasťou tejto analýzy. Určenie kritických a operačných limitov technologických procesov a hygienických mikrobiologických akostných znakov výroby a manipulácie s potravinami v systéme HACCP sa robí pomocou kvantitatívneho alebo kvalitatívneho odhadu rizika, jeho ovládnutím, riadením alebo reguláciou ako aj pomocou modelovania množenia a produkcie metabolitov metódou prediktívnej mikrobiológie.

### Literatúra

1. Council directive 93/43 EEC of 14. June 1993 on the hygiene of foodstuffs. Official Journal of the European Communities, No. L 175/1, 18.7.1993.
2. Guidelines for the application of the Hazard Analysis Critical Control Point – HACCP system. Codex Alimentarius, Section 7.5, HACCP Guidelines, Vol. 1 – Supl. I., 1993.
3. Application of risk analysis to food standards issues. Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation, Geneva, 13.-17.7.1995, s. 39.
4. Ôsma hlava PK SROV. Zásady správnej výrobnjej praxe. Návrh. 1995.
5. SZOKOLAY, A. - TRUSKOVÁ, I.: Odhad rizika a úžitku pri posudzovaní prídavných a kontaminujúcich látok v potravinách. Bulletin potravinárskeho výskumu, 35, 1996, s. 45-50.
6. BLÁHA, K. - CIKRT, M.: Základy hodnocení zdravotných rizik. Praha, ŠZÚ ČR 1996. 61 s.
7. ONDREJKA, J. - GÖRNER, F.: Úlohy štátneho zdravotného dozoru, potravinárskeho dozoru a potravinárskeho priemyslu pri aplikácii HACCP systému riadenia akosti potravín. Mliekárstvo, 27, 1996, č. 1, s. 20-23.
8. Risk management and food safety. Report of the Joint FAO/WHO Consultation, Rome, 27.-31.1.1997, s. 27.
9. Food quality and safety systems. Rome, FAO 1998.
10. Microbiological risk evaluation in relation to international trade in food and animal feeds. CL1997/42 FH, Codex Alimentarius Commission, FAO, 1998.
11. SIEKEL, P.: Kurz na zvýšenie bezpečnosti potravín pomocou systému HACCP. Trendy v potravinárstve, 5, 1998, č. 3, s. 7.
12. NOTERMANS, S. - GALLHOF, G. - ZWIETERING, M. A. - MEAD, G. C.: The HACCP concept: Specification of criteria using quantitative risk assessment. Food Microbiology, 11, 1994, s. 397-408.
13. NOTERMANS, S.: Risiko-Analyse als Basis der Herstellung sicherer Lebensmittel. Lebensmittel und Biotechnologie, 3, 1997, s. 98-101.
14. ROSE, J. B. - HAAS, CH. N. - GERBA, CH. P.: Linking microbial criteria for foods with quantitative risk assessment. Journal of Food Safety, 15, 1995, s. 121-132.
15. MATYÁŠ, Z.: K problematice patogénnej mikroflóry v surovinách a potravinách. Veterinářství, 2, 1996, s. 66-68.

16. VAN SHOTHORST, M.: Practical approaches to risk assessment. *Journal of Food Protection*, 60, 1997, s. 1439-1443.
17. ONDREJKA, J. - GÖRNER, F. - VALÍK, L.: Čo je HACCP a ISO 9000 (STN 010320) z hľadiska potravinárstva. *Mliekárstvo*, 27, 1996, č. 2, s. 22-23.
18. JAYKUS, L.: The application of qualitative risk assessment to microbial food safety. *Critical Reviews in Microbiology*, 22, 1996, s. 279-293.
19. KUŠNIEROVÁ, M.: *Bacillus cereus* ako pôvodca alimentárnych nákaz. Mikrobiologie potravín 1996. In: Sborník přednášek Čs. společnosti mikrobiologické. Liblice, Čs. společnost mikrobiologická 1996, s. 172-175.
20. MEČIAROVÁ, M.: *Bacillus cereus* v potravinách. [Diplomová práca.] Bratislava 1989. 112 s. - Slovenská vysoká škola technická. Chemickotechnologická fakulta.
21. PIECKOVÁ, E. - TOMANOVÁ, E.: *Bacillus cereus* v požívatinách. Bulletin potravinárskeho výskumu, 28, 1989, s. 359-365.
22. SLAGHUIS, B. A. - TEGIFFEL, M. C. - BEUMER, R. R. - ANDRÉ, G.: Effect of pasturing on the incidence of *Bacillus cereus* spores in raw milk. *International Dairy Journal*, 7, 1997, s. 201-205.
23. BUCHANAN, R. L. - WHITING, R. C.: Risk assessment and predictive microbiology. *Journal of Food Protection*, 59, 1996, Supplement, s. 31-36.
24. VALÍK, L. - GÖRNER, F.: Predpovedná mikrobiológia. Bulletin potravinárskeho výskumu, 34, 1995, s. 123-134.
35. VALÍK, L. - GÖRNER, F.: Prognostické aspekty v potravinárskej mikrobiológii. *Potravinárske Vědy*, 14, 1996, s. 261-273.
26. GREIF, G. - GREIFOVÁ, M.: Modelovanie rastu baktérií ako funkcia teploty a produkcie amínov. In: Mikrobiologie potravín 1996. Sborník přednášek Čs. společnosti mikrobiologické. Liblice, Čs. společnost mikrobiologická 1996, s. 33-42.
27. VALÍK, L.: Predikcia v potravinárskej mikrobiológii. Bulletin potravinárskeho výskumu, 36, 1997, s. 225-236.
28. ROSS, T. - MCMEEKIN, T. A.: Predictive microbiology. *International Journal of Food Microbiology*, 23, 1994, s. 241-264.

Do redakcie došlo 21.7.1998.

#### **Risk analysis and predictive microbiology from the HACCP viewpoint**

*This paper is based on a presentation at „Hygiene of nutrition at the turn of the millennium“, Košická Belá, 23. and 24. 6. 1998*

GÖRNER, F. - VALÍK, L.: Bull. potrav. Výsk., 37, 1998, p. 71-82.

SUMMARY. Number of foodborne diseases extraordinary increases with increasing food trade globalisation. Taking into account this fact, the FAO/WHO initiate systematic analysis of potentially hazard and risk assessment. Processes of risk assessment and control as well as decision processes aimed at risk elimination or minimisation require reliable scientific information.

Mathematical modelling and approaches of predictive microbiology are used in specification of critical and operational limits for hazard elimination or minimisation as well as for qualitative hygiene characteristics keeping in technology.

KEYWORDS: HACCP, hazard, microbial risk, predictive microbiology