

Mykotoxíny v potravinách

TERÉZIA ŠINKOVÁ - ALEXANDER PRÍBELA

Súhrn. Uvedená je problematika výskytu mykotoxínov v potravinách z hľadiska podmienok ich produkcie a vplyvu na zdravotnú bezpečnosť potravinového reťazca. Súčasne je spracovaný prehľad teoretických a praktických možností detoxikácie postupmi, publikovanými v zahraničnej literatúre.

Charakteristika mykotoxínov

Potraviny, ako organické látky, obsahujúce celý rad významných nutrientov, sú vhodnými substrátmi pre rast plesní, pričom často dochádza k produkcii sekundárnych metabolitov - mykotoxínov. Tieto sa nachádzajú v spórach, prípadne sa vylučujú do substrátu. Mykotoxíny prenášajú svoje vlastnosti na potraviny, a to priamo, alebo prostredníctvom produkčných zvierat. Živočíšny organizmus nie je schopný mykotoxíny detoxikovať, môže ich však transformovať na iné škodlivé látky. Kontaminácia plesňami nemusí nevyhnutne znamenať zdravotné riziko, ani ovplyvnenie senzorických vlastností potraviny. Riziková situácia nastáva až pri produkcii mykokarcinogénov (napr. aflatoxínov), pričom nebezpečné môže byť už ich vdychovanie [1, 2].

Kontaminovaná potravina zvyčajne obsahuje viac druhov plesní, produkujúcich mykotoxíny s rozličnými účinkami, ktoré sa navzájom kombinujú a prekrývajú. Dôsledkom prítomnosti plesne nemusí byť prítomnosť špecifického mykotoxínu, preto z toxikologického hľadiska

Ing. Terézia Šinková, CSc., Výskumný ústav potravinársky, Priemyselná 4, 820 06 Bratislava., Prof. Ing. Alexander Príbela, DrSc., Katedra sacharidov a konzervácie potravín, Chemickotechnologická fakulta STU, Radlinského 9, 812 37 Bratislava.

sa posudzujú samotné mykotoxíny, nie druh prítomných plesní. Vhodným substrátom pre rast toxigénnych plesní je živý rastlinný materiál, uskladnené potraviny a rozkladajúce sa organické materiály. Niektoré druhy plesní lepšie prosperujú na obilninách priamo na poli, napriek tomu je známe, že produkcia mykotoxínov nastáva predovšetkým na uskladnených produktoch. Najdôležitejším faktorom prostredia, ktoré ovplyvňuje ich rast a produkciu toxínov je vlhkosť, ďalej nasleduje teplota a čas uskladnenia. Samozrejme, z hľadiska prevencie sú dôležité najmä podmienky uskladnenia [3 - 5, 18].

Z hľadiska zdravotnej nezávadnosti potravín sú hlavným predmetom záujmu toxické metabolity troch rodov plesní: *Aspergillus*, *Fusarium* a *Penicillium*. Považujú sa za príčinu vzniku viacerých špecifických mykotoxikóz u ľudí i zvierat a možno ich bežne detegovať na skladovaných obilninách a olejnatých semenách [1, 2].

Z hľadiska biologickej aktivity mykotoxínov sú významné ich fyzikálno-chemické vlastnosti, chemická štruktúra, priestorové usporiadanie molekúl a prítomnosť bioaktívnych častí v molekulách. Je známe, že určité mykotoxíny sú pre zvieratá oveľa škodlivejšie ako pre ľudí. Vysvetlenie týchto vzťahov bude možné až po kompletnom objasnení mechanizmov pôsobenia, detoxikácie, absorpcie a transportu [3].

Aflatoxíny

Plesne rodu *Aspergillus* genus (*A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. niger*, *A. wentii*, *A. glaucus*, *A. ruber*, *A. ochraceus*, *A. versicolor*, *A. oryzae*) produkujú aflatoxíny, z nich zvlášť toxické sú metabolity, ktoré produkuje druh *A. flavus*, bohato rozšírený v pôde a mnohých potravinách [2, 4 - 7].

Rast plesní a produkciu aflatoxínov možno obmedziť pôsobením nízkych alebo vysokých teplôt (mimo rozsahu optimálnej teploty) a znížením aktivity vody v prostredí [5]. Predpokladá sa, že rozdiely v rýchlosti produkcie aflatoxínov v jednotlivých komoditách sú spôsobené morfológickými a environmentálnymi faktormi [8, 9].

Niektoré druhy plesní rodu *Aspergillus* môžu inhibovať biosyntézu aflatoxínov iných druhov (napr. *A. niger* alebo *A. tamarii* vo forme zmesných kultúr s *A. flavus* inhibujú biosyntézu aflatoxínu druhom *A. flavus*). Pri zvýšení alebo znížení produkcie aflatoxínov má významnú

úlohu prostredie, pričom však nemusí dôjsť k súčasnému ovplyvneniu rastu plesní [10 - 12].

Najväčšou akútnou toxicitou sa vyznačuje aflatoxín B₁, za ním nasledujú aflatoxíny G₁, B₂, a G₂. Poznatky o akútnej toxicite aflatoxínov a ich konverzných produktov (pozorované na zvieratách) však nemožno zovšeobecňovať. Aflatoxín B₁ sa javí ako najpotenciálnejší hepatokarcinogén, spôsobuje však aj poškodenia iných orgánov [13 - 15]. I keď dosiaľ neexistujú priame dôkazy o pôsobení aflatoxínov na ľudí, je zrejmé, že tieto látky majú vzťah k symptómom, ktoré spôsobuje konzumácia potravín kontaminovaných plesňami [16, 17].

Toxicitu a karcinogenitu aflatoxínov ovplyvňuje najmä ich molekulová štruktúra. Rozsah biologického pôsobenia závisí od rýchlosti ich metabolizmu. Cyklopentanónový kruh, napojený na kumarín je dôvodom vyššej toxicity aflatoxínu B₁ v porovnaní s aflatoxínom G₂, ktorý obsahuje laktón. Pri konverzii ketónovej na hydroxylovú skupinu vznikne aflatoxikol, ktorý má nižšiu toxickú aktivitu [13]. Pri strate dihydrofurofuránového podielu sa zlúčenina stáva inaktívnou. Redukovanie tohto podielu v molekule (zmena B₁ na B₂ a G₁ na G₂) spôsobuje redukciu aktivity [14].

Aflatoxíny B₁, B₂, G₁ a G₂ sa vyskytujú na orechoch, olejnatých semenách, cereáliách a niektorých ďalších materiáloch. Aflatoxíny M₁ and M₂ sa vyskytujú nielen ako prirodzené metabolity plesní, ale aj v mlieku ako metabolické produkty aflatoxínov B₁ a B₂ po ich enzýmovej biotransformácii. Sú rovnako, príp. o trochu menej toxické, ako materské zlúčeniny, z ktorých vznikli. Približne 1 až 4 % aflatoxínu B₁ z krmív sa konvertuje na aflatoxín M₁ v mlieku. Známe sú tiež iné metabolity aflatoxínu B₁, napr. aflatoxín P₁, aflatoxín Q₁ a aflatoxín R₀ (aflatoxikol). Tieto sú menej mutagénne a karcinogénne ako pôvodné toxíny, preto sa hydroxylácia a demetylácia aflatoxínu B₁ považujú za účinné reakcie vedúce k ich detoxikácii [5].

Napriek predpokladanému veľmi nízkemu príjmu aflatoxínov v strave ide o významné kontaminanty, ktoré sú predmetom monitorovania cudzorodých látok v potravinovom reťazci v Slovenskej republike i v medzinárodnom meradle (Program GEMS/Food, sponzorovaný environmentálnym programom OSN v rámci medzinárodných aktivít na zabezpečenie zdravotnej nezávadnosti potravín).

Mykotoxíny v potravinách a krmivách

Najväčším problémom z hľadiska zabezpečenia nezávadnosti potravín je výskyt aflatoxínu M_1 v mlieku. Ku kontaminácii mlieka, mliečnych výrobkov a vajec aflatoxínmi dochádza prostredníctvom skazených, plesnivých krmív a predstavuje riziko najmä pre deti, ktoré takéto produkty pravidelne konzumujú. Je preto logické, že hlavným predmetom kontroly sú zložky krmív pre zvieratá.

Pre rast plesní je potrebný ich kontakt so substrátom, preto sú rastlinné produkty, prirodene obsahujúce vonkajšiu obalovú vrstvu chránené lepšie, avšak po poškodení tejto vrstvy dôjde k prieniku spór k nutriantom. Okrem teploty a vlhkosti prostredia je dôležitý aj čas, keďže maximum produkcie nastáva až o niekoľko dní po kontaminácii. Pre produkciu mykotoxínov je dôležitá prítomnosť nutriantov, potrebných pre rast určitých druhov plesní a prejavuje sa aj vplyv iných mikroorganizmov a niektorých chemikálií v prostredí.

Pred kontamináciou treba chrániť najmä produkty, ktoré sú na ňu najnáchylnejšie. Z plodín je mykotoxínmi najviac ohrozená kukurica. Cereálie všeobecne sú ohrozené kontamináciou aflatoxínmi, zearalenónom, kyselinou penicilínovou a ochratoxínom. Dobrými substrátmi pre produkciu aflatoxínov sú mandle, vlašské orechy, pistácie a iné druhy orechov, preto je zvlášť potrebné venovať pozornosť podmienkam ich uskladnenia. Okrem nízkej teploty, nízkej vlhkosti a vytriedenia mechanicky poškodených produktov je vhodná povrchová dezinfekcia chemickými prostriedkami. Aplikácia gama žiarenia je účinná len čiastočne, keďže niektoré rody plesní, najmä *Aspergillus* a *Penicillium*, sú voči nemu pomerne rezistentné. Pre prax sa všeobecne odporúča kombinovať vhodné vysušenie, zabalenie a uskladnenie produktov pri relatívne nízkej vlhkosti s aplikáciou gama žiarenia [18].

Sušené ovocie (figy, marhule, višne, hrušky a i.) býva kontaminované aflatoxínmi a patulínom, ktorý sa často vyskytuje aj na nahnitých jablkách a ich prostredníctvom sa dostáva do jablčného muštu. Pri alkoholicko-fermentácii sa patulín kompletne degraduje. Aflatoxín a ochratoxín fermentácii čiastočne odolávajú, preto sa môžu vyskytovať v niektorých alkoholických nápojoch, kde sa prenesú z pôvodných produktov (napr. hrozna alebo jačmeňa).

Medzi najfrekvencovanejšie plesne, ktoré sú rezistentné voči záhrevu, patrí *Neosartorya fischeri* (produkuje fumitremogíny A a C a verru-

cuogen). Vyskytuje sa na ovocných šťavách a iných ovocných produktoch a môže predstavovať zdravotné riziko pre spotrebiteľov [19].

Mäsové výrobky sa môžu kontaminovať priamo pri zrení a údení. Známym je napr. výskyt sterigmatocystínu na domácej šunke. O niektorých mykotoxínoch (napr. o patulíne alebo kyseline penicilínovej) sa predpokladá, že sa kompletne rozkladajú pôsobením iných prítomných zložiek, prípadne strácajú svoju aktivitu reakciou so sulfhydrylovými skupinami v mäse.

Z hľadiska výskytu mykoxínov existuje celý rad ďalších potenciálnych komodít (banány, cesnak, čierne korenie, ryby, káva a i.), týmto sa však neprikladá veľká pozornosť z dôvodu nižšej konzumácie.

Možnosti detoxikácie potravín

a) Fyzikálne postupy

Napriek tomu, že sa detoxikačné štúdie sústreďujú väčšinou na aflatoxíny, ich výsledky sú aplikovateľné aj na iné mykotoxíny. Dôležitou požiadavkou pri detoxifikácii je, aby príslušný zásah nespôsobil ďalšie nežiadúce zmeny kvality.

Za jednu z možností čiastočnej redukcie obsahu aflatoxínov sa považuje pôsobenie záhrevu a vysokého tlaku, výsledky pozorovaní však nie sú v tomto smere jednoznačné. Dokázal sa napríklad 20 % pokles obsahu aflatoxínov v podzemnicovom oleji počas 30 minútového záhrevu pri 160 °C. Kratší čas záhrevu (10 minút) na teplotu 250 °C sa prejavil ako menej účinný (4 % pokles obsahu aflatoxínov). Tiež sa dokázalo, že potraviny, pražené na oleji, kontaminovanom aflatoxínom, absorbujú vyššie množstvo aflatoxínov, než možno očakávať podľa množstva oleja, absorbovaného potravinami [22].

Pri teplotách záhrevu ovocnej šťavy (100 °C) a pečenia chleba nedochádza k zníženiu obsahu aflatoxínov. Podobne nedochádza k zníženiu obsahu deoxynivalenolu pri varení cestovín s výnimkou čiastočného vylúhovania toxínu do vody [23].

Dokázalo sa, že po 4 hodinovom pôsobení teploty 120 °C dochádza k vyše 95 % úbytku aflatoxínov v arašídovej múke [21]. Podobne sa dokázal úbytok aflatoxínov počas pasterizácie mlieka a varenia ryže [24]. Prekvapivé je priame pôsobenie slnečného svetla na olivový olej v otvo-

renej nádobe. V pokusoch sa tak po 40 minútach znížil pôvodný obsahu aflatoxínu B₁ (100 ppb) o 95 %. Po 10 minútovom záhreve rovnakej pôvodnej vzorky pri 250 °C došlo k 65 % zníženiu aflatoxínu a po 224-dňovom uskladnení v tme pri 25 °C sa obsah aflatoxínu znížil o menej ako 50 % [22]. Pri pokusoch s aplikáciou rozličných druhov žiarenia na aflatoxíny v roztokoch sa dokázal jednoznačne pozitívny účinok len v prípade pôsobenia slnečného žiarenia na aflatoxín B₁ rozpustený v olejoch (kokosovom, kukuričnom, sezamovom a sójovom) [25].

Na aflatoxíny v roztokoch pôsobí deštruktívne gama žiarenie, pričom ich citlivosť voči zásahu (v klesajúcom poradí) je nasledovná: G₂, B₂, G₁, B₁ [55]. Pri pôsobení na patulín v koncentrácii jablkovej šťavy dochádza k jeho odbúraniu, ktoré vykazuje exponenciálnu funkciu v závislosti od absorbovanej dávky. Z pôvodnej koncentrácie patulínu 2 µg.kg⁻¹ dochádza k jeho 50 % redukcii pri dávke 0,35 kGy a ku kompletnému odbúraniu pri dávke vyššej ako 2,5 kGy [26, 27].

Deštrukcia aflatoxínov nastáva tiež pri hydrolýze rastlinných bielkovín, vrátane kyslej hydrolýzy arašídovej múky pri zvýšenom tlaku a teplote. Degradčné produkty nie sú toxické ani mutagénne [28].

Bentonit, aktívne uhlie a podobné adsorbenty sú vhodné na fyzikálne odstránenie aflatoxínov a patulínu z kvapalných potravín, napr. jablkovej šťavy. V prípade aktívneho uhlia sa dokázalo, že prášková forma je asi 10-krát účinnejšia ako granulovaná. Čím vyšší je obsah rozpustnej sušiny v kvapaline (najmä sacharózy), tým je efektívnosť procesu nižšia [5, 29].

Pokusy s jačmeňom, kukuricou a ryžou, ktoré boli kontaminované deoxynivalenolom (DON) a zearalenonom (ZEN) dokázali, že vhodným postupom na redukcii mykotoxínov v kontaminovaných cereáliách je odstraňovanie šúp a triedenie mletého materiálu [30].

Čiastočne inhibične na produkciu plesní a tým i určitých mykotoxínov na cereáliách pôsobí zníženie koncentrácie kyslíka a/alebo zvýšenie koncentrácie oxidu uhličitého a dusíka [31, 32]. V prípade kukuričného zrna s vysokým obsahom vlhkosti sa dokázala možnosť kompletnej inhibície produkcie zearalenonu prostredníctvom atmosféry, vysoko nasýtenej oxidom uhličitým [33]. K redukcii aflatoxínov v niektorých potravinách dochádza po ošetrení plynným chlóróm, prípadne ozónom [34].

b) Biologické metódy

Produkcia mykotoxínov býva v zmesných kultúrach vyššia pri porovnaní s čistými kultúrami [35]. Niektoré mikroorganizmy sú, naopak, schopné produkciu určitých mykotoxínov redukovať. Účinne pôsobia najmä metabolity niektorých druhov laktobacilov, pričom tieto neovplyvňujú rast producentov mykotoxínov. V nadväznosti na túto skutočnosť sa navrhlo využitie jogurtu pri detoxikácii aflatoxínu B₁ [36].

Dokázal sa účinok esenciálnych olejov v niektorých koreniách na rast *Aspergillus parasiticus* a produkciu aflatoxínov. Ich 96 % inhibícia sa prejavila pri nasledujúcich koncentráciách esenciálnych olejov z korenín: tymián 0,2 g.l⁻¹, rascovec obyčajný 0,4 g.l⁻¹, klinčeky 0,4 g.l⁻¹, rasca lúčna 0,6 g.l⁻¹, rozmarín 2 g.l⁻¹ a šalvia lekárska 2 g.l⁻¹. Predpokladá sa, že existuje vzťah medzi chemickou štruktúrou olejov a ich antifungálnym vplyvom. Inhibičné pôsobenie sa pravdepodobne vzťahuje na prítomnosť aromatického jadra s nadviazanou polárnou skupinou. Fenolická -OH skupina je náchylná na tvorbu vodíkových väzieb s aktívnymi miestami enzýmov a pôsobí na ne inhibične. Tiež sa predpokladá určitý účinok izopropylovej skupiny [37].

Aplikácia cesnaku v množstve 3 až 4 g.kg⁻¹ inhibuje rast plesne *A. parasiticus* a produkciu toxínu. Potrebná dávka cesnaku sa však líši podľa druhu potravy, napr. na inhibíciu produkcie aflatoxínu B₁ na ryži je ho potrebné asi 10-krát viac ako na mäsovom vývare [38]. Z ďalších možností biologickej inhibície bola navrhnutá kombinácia soli s vodnými extraktmi listov niektorých rastlín (*Azadirachta indica*, *Lawsonia alba*, *Pongamia glabra*, a *Tridax procumbens*) na prevenciu kontaminácie arašídov aflatoxínmi počas uskladnenia a prepravy [38]. Experimenty dokázali podobné preventívne účinky niektorých ďalších biologických materiálov na aflatoxíny v modelových podmienkach, napr. oleuropeínu (horkého glykozidu) [37, 39].

c) Chemické metódy

Je všeobecne známe, že alkálie zapríčiňujú redukciu aflatoxínov. Preskúmaná je najmä detoxikácia hydroxidom amónnym, ktorý pôsobí na jednotlivé aflatoxíny odlišne. Hlavným produktom reakcie aflatoxínu B₁ s hydroxidom amónnym je aflatoxín D₁, ktorý je 130-krát menej

mutagénny. Proces detoxikácie je veľmi účinný, pričom závisí od obsahu vody v potravine, koncentrácie hydroxidu amónneho, času a tlaku pôsobenia. Postup sa uvádza ako praktické východisko pri odstraňovaní potenciálnych karcinogénov z potravín s najväčšími predpokladmi na priemyselné využitie [42, 43]. Odstránenie aflatoxínu z arašídovej múky pomocou vodného roztoku etanolu bolo takisto navrhnuté na komerčné využitie [41, 44].

Účinným prostriedkom na zníženie hladín aflatoxínov B₁, B₂, G₁ a G₂ v mlieku sa javí formaldehyd. Jeho účinky boli preštudované pomerne detailne. Negatívne pôsobenie formaldehydu v mlieku však znemožňuje jeho využitie na tento účel [45].

Ako látky, brzdiace produkciu mykotoxínov (priamo, príp. inhibíciou rastu ich producentov) sa ukázali tiež: nedisociované kyseliny - octová, benzoová, citrónová, mliečna, propiónová a sorbová, soli - chlorid sodný, chlorid draselný, dusičnan sodný, hydrogénuhličitan amónny, hydrogénuhličitan sodný, hydrogén peroxid, kyseliny - vínna, askorbová a p-aminobenzoová, fluorid draselný, bárium, fenolické antioxidanty (najmä BHA), metylxantíny - kofeín a teofylín, fosforečnany a niektoré insekticídy a herbicídy. Praktické využitie väčšiny z nich však neprichádza do úvahy, buď pre ich vlastnú škodlivosť, alebo pre príliš vysoké účinné koncentrácie, ktoré by znehodnotili potraviny [40 - 52].

Literatúra

1. JOFFE, A.Z.: Toxin production in cereal fungi causing toxic alimentary aleukia in man. In: *Mycotoxins in foodstuffs*, Wogan, G. N. (ed.), M. I. T. Press, Cambridge, Massachusetts, 1965.
2. DVORACKOVA, I.: Aflatoxin inhalation and alveolar cell carcinoma, *Br. Med. J.*, 20, 691, 1976.
3. CONCON, J.M.: *Food Toxicology, Part B: Contaminants and Additives*, Marcel Dekker Inc., New York, Basel, 1988.
4. Hesseltine, C.W.: Conditions leading to mycotoxin contamination of food and feeds. In: *Mycotoxins and other Fungal Related Food Problems*, Rodricks, J. V. (ed.), American Chemical Society, Washington, D. C., 1976.
5. BETINA, V.: *Mycotoxins. Chemical, Biological, and Environmental Aspects*, Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo, 1989.
6. KULIK, M.M. - HOLADAY, C.E.: Aflatoxin A: A metabolic product of several fungi, *Mycopathol. Mycol. Appl.*, 30, 137, 1966.
7. VAN WALBEEK, W. - SCOTT, P.M. - THATCHER, F.S.: Mycotoxins from foodborne fungi, *Can. J. Microbiol.*, 14, 131, 1968.

8. TRUCKSESS, M.V. - STOLOFF, L. - MISLIVEC, P.B.: Effect of temperature, water activity, and other toxigenic mold species on growth of *Aspergillus flavus* and aflatoxin production on corn, pinto beans and soybeans, *J. Food Protect.*, **51**, 361, 1988.
9. MONTANI, M.L. - VAAMONDE, G. - RESNIK, S.L. - BUERA, P.: *Int. J. Food Microbiol.*, **6**, 349, 1988.
10. SHANTA, T. - RATI, E.R. - BHAVANI SHANKAR, T.N.: Behaviour of *Aspergillus flavus* in presence of *Aspergillus niger* during biosynthesis of aflatoxin B₁, *Antonie van Leeuwenhoek*, **58**, 121, 1990.
11. MOSS, M.O. - BADII, F. - CLIFFORD, M.N.: Reduced aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus* after growth on a caffeine-containing medium, *Letters in Appl. Microbiol.*, **10**, 205, 1990.
12. ORVEHED, M. - HAEGGBLOM, P. - SOEDERHAELL, K.: Nitrogen inhibition of mycotoxin production by *Alternaria alternata*, *App. Environment. Microbiol.*, **54**, 2361, 1988.
13. WOGAN, G.N. - EDWARDS, G.S. - NEWBERNE, P.M.: Structure activity relationships in toxicity and carcinogenicity of aflatoxins and analogs, *Cancer Res.*, **31**, 1936, 1971.
14. HEATHCOTE, J.G.: In: *Mycotoxins - Production, Isolation, Separation, and Purification*, Betina, V. (ed.), Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo, chap. 7, 1984.
15. JESENSKÁ, Z.: Mikroskopické huby v požívatinách a krmivách, Alfa SNTL, Bratislava, 1987, 319.
16. SERCK-HANSEN, A.: Aflatoxin-induced fatal hepatitis, A case report from Uganda, *Arch. Environ. Health*, **20**, 729, 1970.
17. ROBINSON, P.: Infantile cirrhosis of the liver in India. With special reference to probable aflatoxin etiology, *Clin. Pediatr.*, **6**, 57, 1967.
18. SHAPTON, D.A. - SHAPTON, N.F.: *Principles and Practices for the Safe Processing of Foods*, Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford, 1991.
19. CHIOU, R.Y.Y. - LIN, C.M. - SHYU, S.L.: Property characterization of peanut kernels subjected to gamma irradiation and its effect on the outgrowth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus*, *J. Food Sci.*, **55**, 210, 1990.
20. NIELSEN, P.V. - BEUCHAT, L.R. - FRISVALD, G.C.: Influence of atmospheric oxygen content on growth and fumitremorgin production by a heat-resistant mold, *Neosartorya fischeri*, *J. Food Sci.*, **54**, 679, 1989.
21. SAMARAJEWA, U. - SEN, A.C. - COHEN, M.D. - WEI, C.I.: Detoxification of aflatoxins in foods and feeds by physical and chemical methods, *J. Food Protect.*, **53**, 489, 1990.
22. MUTLUER, B. - ERKOC, F.U.: Effects of gamma irradiation on aflatoxins, *Z. Lebensm. Unters. Forschung*, **185**, 398, 1987.
23. MAHJOUR, A. - BULLERMAN, L.B.: Effects of storage time, sunlight, temperature, and frying on stability of aflatoxin B₁ in olive oil, *Lebensm. Wiss. Technol.*, **21**, 29, 1988.
24. NOWICKI, T.W. - GABA, D.G. - DEXTER, J.E. - MATSUO, R. - CLEAR, R.M.: Retention of the *Fusarium* mycotoxin deoxynivalenol in wheat during processing and cooking of spaghetti and noodles, *J. Cereal Sci.*, **8**, 189, 1988.
25. OGUNSANWO, B.M. - FABOYA, O.O. - IKOTUN, T. - IDOWU, R.: Fate of aflatoxins in soybeans during the preparation of soyogi, *Nahrung*, **33**, 485, 1989.
26. SAMARAJEWA, U.: Solar degradation of aflatoxin B₁ in foods, *Proc. Jap. Association Mycotoxicol.*, **1**, 91, 1988.
27. ZEGOTA, H. - ZEGOTA, A. - BACHMANN, S.: Effect of irradiation and storage on patulin disappearance and some chemical constituents of apple juice concentrate, *Z. Lebensm. Unters. Forschung*, **187**, 321, 1988.
28. ZEGOTA, H. - ZEGOTA, A. - BACHMANN, S.: Effect of irradiation on the patulin content and chemical composition of apple juice concentrate, *Z. Lebensm. Unters. Forschung*, **187**, 235, 1988.

29. DUTTON, M.F. - WILLIAMS, K.: Detoxification of aflatoxin in peanut meal by acid hydrolysis, in Proceeding of the ninth biennial congress, Cape Town, September, 1987.
30. VAN, J.A., Removal of patulin from apple juice by charcoal treatment, Dissertation-Abstracts-Internat., 49, 3527, 1989.
31. TRENHOLM, H.L. - CHARMLEY, L.L. - PRELUSKY, D.B. - WARNER, R.M.: Two physical methods for the decontamination of four cereals contaminated with deoxynivalenol and zearalenone, J. Agricult. Food Chem., 39, 356, 1991.
32. PASTER, N. - BULLERMAN, L.B.: Mould spoilage and mycotoxin formation in grains as controlled by physical means, Internat. J. Food Microbiol., 7, 257, 1988.
33. ORTH, R.: Wachstum und Toxinbildung von patulin- und sterigmatocystinbildenden Schimmelpilzen unter kontrollierter Atmosphäre, Z. Lebensm. Unters. Forschung, 160, 359, 1976.
34. PASTER, N. - BLUMENTHAL, Y.J. - BARKAI, G.R. - MENASHEROV, M.: Production of zearalenone in vitro and in corn grains stored under modified atmospheres, Internat. J. Food Microbiol., 12, 157, 1991.
35. MAEBA, H. - TAKAMOTO, Y. - KAMINURA, M. - MIURA, T.: DESTRUCTION and detoxification of aflatoxins with ozone, J. Food Sci., 53, 667, 1988.
36. LUCHESE, R.H. - HARRIGAN, W.F.: Growth of, and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus* when in the presence of either *Lactococcus lactis* or lactic acid and at different initial pH values, J. Appl. Bacteriol., 69, 512, 1990.
37. RASIC, J.L. - SKRINJAR, M. - MARKOV, S.: Detoxification of aflatoxin B₁ by yoghurt, lactic and acetic acids, Food Biotechnol., 4, 608, 1990.
38. FARAG, R.S. - DAW, Z.Y. - ABO-RAYA, S.H.: Influence of some spice essential oils on *Aspergillus parasiticus* growth and production of aflatoxins in asynthetic medium, J. Food Sci., 54, 74, 1989.
39. PATEL, U.D. - GOVINDARAJAN, P. - DAVE, P.J.: Inactivation of aflatoxin B₁ by using the synergistic effect of hydrogen peroxide and gamma-irradiation, Appl. Environm. Microbiol., 55, 465, 1989.
40. GOURAMA, H. - BULLERMAN, L.B.: Effects of oleuropein on growth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus*, Lebensm. Wiss. Technologie, 20, 226, 1987.
41. GHEWANDE, M.P. - NAGARAJ, G.: Prevention of aflatoxin contamination through some commercial chemical products and plant extracts in groundnut, Mycotoxin Res., 3, 19, 1987.
42. ARRIOLA, M.C. - PORRES, E. - CABRERA, S. - ZEPEDA, M. - ROLZ, C.: Aflatoxin fate during alkaline cooking of corn for tortilla preparation, J. Agric. Food Chem., 36, 530, 1988.
43. MERCADO, C.J. - REAL, M.P. - ROSARIO, R.R.: Chemical detoxification of aflatoxin-containing copra, J. Food Sci., 56, 733, 1991.
44. FRAYSSINET, C. - LAFARGE-FRAYSSINET, C.: Effect of ammoniation on the carcinogenicity of aflatoxin-contaminated groundnut oil cakes: long-term feeding study in the rat, Food Addit. Cotaminants, 7, 63, 1990.
45. ABBAS, H.K. - MIROCHA, C.J. - ROSILES, R. - CARVAJAL, M., Effect of tortilla preparation process on aflatoxin B₁ and B₂ in corn, Mycotoxin Res., 4, 33, 1988.
46. HEIMBECHER, S.K. - JORGENSEN, K.V. - PRICE, R.L.: Interactive effects of duration of storage and addition of formaldehyde on levels of aflatoxin M₁ in milk, J. Assoc. Off. Chem., 71, 285, 1988.
47. RUSUL, G. - MARTH, E.H.: Food additives and plant components control growth and aflatoxin production by toxigenic aspergilli: a review, Mycopathologia, 101, 13, 1988.
48. WILSON, D.M. - MCMILLIAN, W.W. - WIDSTROM, N.W.: Field aflatoxin contamination of corn in south Georgia, J. Am. Oil Chem. Soc., 50, 69, 1979.
49. SAMARAJEEWA, U. - SEN, A.C. - FERNANDO, S.Y. - AHMED, E.M., WEI, C.L.: Inactivation of aflatoxin B₁ in corn meal, copra meal and peanuts by chlorine gas treatment, Food Chem. Toxicol., 29, 41, 1991.

50. MONTVILLE, T.J. - GOLDSTEIN, P.K.: Sodium bicarbonate inhibition of aflatoxigenesis in corn, J. Food Protect., 52, 45, 1989.
51. EL-GAZZAR, F.E. - MARTH, E.H.: Role of hydrogen peroxide in the prevention of growth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus*, J. Food Protect., 51, 263, 1988.
52. LEE, E.G. - TWINSLEY, P.M. - AND WALDEN, C.C.: Effect of bivalent metals on the production of aflatoxins in submerged cultures, J. Food Sci., 31, 432, 1966.

Do redakcie došlo 15.3.1994.

Mycotoxins in foods

Summary

Issues related to the occurrence of mycotoxins in foods taking into account the conditions for their production and influence they might have on health security of food chain are presented within this article.

Elaborated overview of theoretical and practical possibilities for detoxication by means of procedures published in foreign literature sources is given as well.