

Modalități de reducere a conținutului de micotoxine în produsele alimentare

RODICA CUCIUREANU*

Universitatea de Medicină și Farmacie „Gr. T. Popa”, Facultatea de Farmacie, Iași, Romania

Primit (Received): 15.09.2008 / Acceptat (Accepted): 12.10.2008

Strategies to reduce the content of mycotoxins in contaminated foods

Abstract: Mycotoxins are secondary metabolites of moulds that have adverse effects on humans, animals, and crops that result in illnesses and economic losses. Aflatoxins, ochratoxins, trichothecenes, zearalenone, fumonisins are the mycotoxins of greatest agro-economic importance. Mycotoxins are produced by several fungi mainly belonging to the genera: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* and *Alternaria*. Some moulds are capable of producing more than one mycotoxin and some mycotoxins are produced by more than one fungal species. Factors affecting the magnitude of toxicity in humans or animals consuming mycotoxin-contaminated foods or feeds respectively, include species, mechanisms/modes of action, metabolism, and defense mechanisms. Because of the effects of mycotoxins, a number of strategies have been developed to help prevent the growth of mycotoxigenic fungi as well as to decontaminate and detoxify mycotoxin contaminated foods and animal feeds: the prevention of mycotoxin contamination, detoxification of mycotoxins present in food and feed, inhibition of mycotoxin absorption in the gastrointestinal tract.

Various physical and chemical strategies have been developed, including physical separation, extraction with sorbents, and absorption. The effectiveness of a method in the detoxification of mycotoxins depends on the nature of the food, environmental conditions such as moisture content, temperature, the type of mycotoxin, and the extent of binding between mycotoxin and constituents.

Keywords: *mycotoxins, food, feed, detoxification*

Rezumat: Micotoxinele sunt metaboliți secundari ai fungilor care contaminează furajele și produsele alimentare. Datorită acțiunii toxice asupra organismului uman și animal, ele influențează negativ calitatea alimentului cu efecte asupra sănătății organismului; în plus, pierderile economice pe care le generează nu sunt neglijabile. Dintre micotoxine, aflatoxinele, ochratoxinele, trichothecenele, zearalenona, fumonisinele sunt cele mai studiate datorită efectelor asupra organismului uman și animal dar și importanței agro-economice deosebite.

Principalele genuri de fungi producătoare de micotoxine sunt: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* și *Alternaria*. Trebuie remarcat faptul că, un anumit fung poate produce mai multe micotoxine și că, o anumită micotoxină poate fi produsă de mai mulți fungi; acest fapt poate conduce la fenomene de sinergism și de potențare a acțiunii toxice. Factorii care influențează intensitatea acțiunii toxice asupra organismului care a ingerat alimente contaminate cu micotoxine includ: specia, mecanismul de acțiune, metabolismul, mecanismele de detoxifiere. Pentru reducerea efectelor negative ale micotoxinelor prin ingestie de alimente contaminate se propun, sau chiar sunt aplicate diferite strategii de reducere a conținutului de micotoxine în produsele utilizate în alimentația omului și animalelor. Aceste strategii urmăresc: prevenirea contaminării cu micotoxine, detoxifierea micotoxinelor prezente în furaje și în produsele alimentare, inhibarea absorbției micotoxinelor la nivelul tractului gastro-intestinal.

Practic, reducerea conținutului de micotoxine se realizează prin metode fizice, chimice, microbiologice, biotehnologii etc. Detoxifierea efectivă a micotoxinelor prezente în produsele alimentare depinde de natura alimentului, condițiile de mediu (umiditate, temperatură, tipul de micotoxină, existența unor legături între micotoxină și componentele alimentului).

Cuvinte cheie: *micotoxine, alimente, furaje, detoxificare*

* Rodica Cuciureanu
Str. Universității nr. 16, 700115-Iași (Romania);
tel: +40729103454, fax: +40232211820; Email: rcuciu@yahoo.com

Introducere

Micotoxinele sunt metaboliți secundari ai fungilor care contaminatează furaje și produsele alimentare. Datorită acțiunii toxice asupra organismului uman și animal, ele influențează negativ calitatea alimentului cu efecte asupra sănătății organismului; în plus, pierderile economice pe care le generează nu sunt neglijabile. Dintre micotoxine, aflatoxinele, ochratoxinele, trichothecenele, zearale nona, fumonisinele sunt cele mai studiate datorită efectelor asupra organismului uman și animal, dar și importanței agro-economice deosebite.

Principalele genuri de fungi producătoare de micotoxine sunt: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* și *Alternaria*. Trebuie remarcat faptul că, un anumit fung poate produce mai multe micotoxine și că, o anumită micotoxină poate fi produsă de mai mulți fungi; acestea pot conduce la fenomene de sinergism și de potențare a acțiunii toxice. Factorii care influențează intensitatea acțiunii toxice asupra organismului care a ingerat alimente contaminate cu micotoxine includ: tipul de micotoxină, mecanismul de acțiune, metabolismul, mecanismele de detoxifiere. Pentru reducerea efectelor negative ale micotoxinelor prin ingestie de alimente contaminate se propun, sau chiar sunt aplicate, diferite strategii de reducere a conținutului de micotoxine în produsele utilizate în alimentația omului și animalelor (1). Aceste strategii urmăresc:

- prevenirea contaminării cu micotoxine;
- detoxifierea micotoxinelor prezente în furaje și în produsele alimentare;
- inhibarea absorbției micotoxinelor la nivelul tractului gastro-intestinal.

Practic, reducerea conținutului de micotoxine se realizează prin metode fizice, chimice, microbiologice, biotehnologii etc. Detoxifierea efectivă a micotoxinelor prezente în produsele alimentare depinde de natura alimentului, condițiile de mediu (umiditate, temperatură, tipul de micotoxină, existența unor legături între micotoxină și componentele alimentului).

În ultimii ani, a fost studiată posibilitatea utilizării bacteriilor, drojdiilor și mușcăiurilor pentru a reduce toxicitatea unor micotoxine. Rezultate încurajatoare s-au obținut prin utilizarea unor compuși care, ingerați odată cu alimentul contaminat, micșorează biodisponibilitatea micotoxinei prezente. În lucrarea de față sunt prezentate date succinte din literatura de specialitate privind reducerea toxicității micotoxinelor, în vederea

îmbunătățirii siguranței alimentului și a securității alimentare a populației.

Reducerea toxicității este realizată, de obicei, prin eliminarea surselor de contaminare a produselor alimentare sau prin inactivarea toxinelor prezente prin mijloace fizice, chimice sau biologice (2). Legislația Uniunii Europene (3) nu permite aplicarea metodelor chimice de detoxifiere pentru furaje și produsele alimentare. În conformitate cu reglementările FAO/OMS, procesele de decontaminare în vederea reducerii impactului toxicologic și economic al prezenței micotoxinelor în alimente, urmăresc:

- să distrugă, să inactiveze sau să îndepărteze micotoxinele;
- să nu producă sau să nu conducă la apariția unor reziduuri toxice, mutagene sau carcinogene în produsele supuse tratamentului decontaminant;
- să nu modifice proprietățile senzoriale ale alimentului;
- să asigure distrugerea sporilor fungici și a miceliilor care, în condiții favorabile ar putea biosintetiza micotoxine;
- să fie accesibile tehnic și economic.

Reducerea aportului de micotoxine pentru organismul uman și animal, prin ingerare de alimente contaminate se poate realiza prin:

- limitarea conținutului de micotoxine în furaje și produse alimentare;
- inactivarea (reducerea toxicității) acestora în organismul uman sau animal.

Diminuarea prezenței micotoxinelor în produsele alimentare se poate realiza prin metode fizice sau chimice

Metode fizice

Utilizarea metodelor chimice pentru reducerea concentrațiilor micotoxinelor în produse alimentare este limitată prin efectele negative asupra calității alimentelor. De aceea sunt studiate și aplicate metodele fizice care prezintă avantajul că nu afectează calitatea produselor alimentare sau a furajelor supuse tratamentelor.

În cazul cerealelor și semințelor oleaginoase se pot aplica metodele fizice: separarea boabelor afectate, spălarea, măcinarea, extracția cu solvenți.

Separarea boabelor afectate

Separarea boabelor afectate (strivite, decolorate, mușcăite) contribuie în mare măsură la reducerea conținutului în micotoxine. Separarea se poate realiza manual, mecanic sau prin mijloace

electronice. Identificarea boabelor infectate cu fungi se realizează prin examinarea fluorescenței în urma expunerii la radiații UV. De obicei, separarea eficientă a produsului contaminat, în cazul arahidelor, se realizează prin separarea manuală asociată cu metodele electronice (4). Alte posibilități de separare și de îndepărtare a boabelor contaminate fungic și de reducere a conținutului în micotoxine (mai ales DON, zearalenonă și aflatoxine) sunt flotația și separarea pe baza diferenței de densitate în apă sau în soluție saturată de clorură de sodiu (5).

Spălarea boabelor

Spălarea boabelor este o metodă simplă de reducere a conținutului în micotoxine produse de *Fusarium* (DON, ZEN, fumonisine) din boabele de porumb, orz (6). Ca lichide de spălare pot fi utilizate apa distilată sau soluții de carbonat de sodiu. Spre exemplu, spălarea semințelor de orz, de trei ori, cu apă distilată, reduce conținutul în dioxinivelanol cu 65 – 69% (5). Această metodă nu se recomandă în cazul produselor care urmează să fie măcinate, deoarece uscarea la parametrii optimi pentru măcinare este prea costisitoare. În cazul merelor, spălarea asigură transferul micotoxinelor din produs în apa de spălare; astfel, concentrația în patulină poate fi redusă de la 920 la 190 ng/g. Îndepărtarea manuală a zonei din fruct afectată de mușegai, asociată cu spălarea cu apă distilată a fructelor, conduce la scăderea nivelului patulinei de la 2335 la 55 ng/g (7).

Măcinarea

Măcinarea este o metodă prin care se poate reduce conținutul cerealelor în micotoxine. Distribuția toxinelor în diferite zone ale bobului permite obținerea, în timpul măcinării, a unor fracțiuni cu conținut mai redus de micotoxine. Experimental, s-a constatat că OTA produsă de *P. verrucosum* în grâu trece în făina albă în procent de 66%; în făina cu grad de extracție mai mic, este prezentă 40% din OTA inițială (5).

Extracția cu solvenți

Diferiți solvenți sau amestecuri de solvenți au capacitatea de a dizolva și extrage micotoxinele din produse alimentare (arahide, semințe de bumbac): acetona, soluție 90% în apă; etanol 95%; izopropanol, soluție 80% în apă; hexan - metanol; metanol-apă; acetonitril-apă; hexan-etanol-apă; acetona-hexan-apă etc (6).

Inconvenientul acestei metode constă, pe lângă costurile ridicate, în extracția simultană a unor componente din aliment, cu scăderea valorii biologice a acestuia.

Adsorbția pe substraturi solide

Cărbunele activ și bentonita au fost experimentate în scopul reducerii conținutului în micotoxine al unor produse alimentare. Astfel, cărbunele activ, în concentrație de 3-5 g/L reduce semnificativ conținutul în patulină al sucului de mere (8,9). De asemenea, bentonita poate reduce conținutul în AFM₁ din lapte 65 – 79%. Alți autori (10), au experimentat caolinul, novasilul și atapulgitul ca adsorbanti pentru aflatoxinele prezente în uleiul de arahide.

Inactivare termică

Inactivarea termică este o metodă aplicabilă pentru reducerea contaminării cu micotoxine. Majoritatea micotoxinelor sunt relativ stabile la temperaturile la care sunt supuse în timpul procesului culinar convențional (80-121°C). Sensibilitatea termică a micotoxinelor în alimente este influențată de conținutul în apă, pH, activitatea ionică. Tratamentul termic aplicat la 150 - 200°C (coacere, prăjire) timp de 30 de minute reduce la 20 – 60 % conținutul inițial în micotoxine. Astfel, procentul de patulină scade în suc de mere cu 26% prin fierbere timp de 20 minute la 100°C (11); prăjirea alunelor la 150°C, timp de 30 minute (12) reduce AFB₁ cu 38-47%. Aflatoxinele se descompun la temperaturi de 237 - 306°C, în funcție de umiditatea alimentului în care sunt înglobate; umiditatea din aliment favorizează deschiderea ciclului lactonic a AFB₁, apariția grupării carboxil și apoi, eliminarea acesteia.

Extruzia termică este considerată o metodă prin care este redus conținutul alimentelor în micotoxinele eventual prezente. Spre exemplu, prin extrudarea termică a porumbului, conținutul în zearalenonă scade proporțional cu nivelul temperaturii aplicate. Tratamentul cu microunde al arahidelor (1kW, timp de 15 minute) reduce conținutul în AFB₁ al arahidelor cu 53 – 97 % fără a afecta proprietățile alimentului (12).

În concluzie, tratamentul termic al alimentelor poate contribui decisiv la reducerea contaminării cu micotoxine și, implicit la creșterea siguranței alimentare a populației; precauțiile care se impun sunt: evitarea modificării valorii nutritive a alimentelor și formarea unor produși de piroliză nocivi pentru organism.

Iradieră alimentelor

Tratamentul cu radiații ionizante (X, gama), aplicat inițial pentru decontaminarea fungică a produselor alimentare în depozite a fost extins și

pentru degradarea micotoxinelor prezente în alimente. Inactivarea micotoxinelor prin gama-iradiere este influențată de doza de radiații, tipul de aliment și natura micotoxinei. Conținutul în apă al alimentului, prin radicalii liberi formați în timpul iradierii, reprezintă un factor decisiv în degradarea moleculelor de micotoxine. Experimental, s-a demonstrat că doze de radiații gama de 1 - 10 kGy au distrus aflatoxinele din arahidele decojite în proporție de 75 – 100%. De asemenea, aflatoxinele sunt sensibile la radiațiile ultraviolete (222, 265 și 362 nm). Numeroase publicații (13,14,15) au semnalat eficiența expunerii alimentelor (lapte, arahide, ulei de arahide) la radiații UV în scopul reducerii conținutului în aflatoxine. Expunerea la radiațiile solare este o alternativă pentru reducerea conținutului în micotoxine a alimentelor (6,10, 14). Kane (10) a demonstrat că expunerea la lumina solară a uleiului de arahide îmbuteliat în recipiente transparente din sticlă sau din plastic, timp de 18 – 24 ore a distrus în totalitate aflatoxinele din aliment (prezente inițial în concentrație de 600 ppb).

Metode chimice

În prezent sunt cercetate și chiar aplicate numeroase metode chimice de reducere, distrugere sau inactivare a micotoxinelor (2,6). Substanțele chimice utilizate pot fi: acizi (acid clorhidric), baze (amoniac, hidroxid de sodiu), oxizi (peroxid de hidrogen, ozon), agenți reducători (bisulfizi), agenți de clorinare (clor, hipocloriți, dioxid de clor), aldehide (formaldehida).

Utilizarea acizilor sau bazelor

Aflatoxinele B₁ și G₁ sunt transformate în mediu acid în semiacetali solubili în apă; tratamentul cu acid clorhidric (pH =2), timp de 24 h scade conținutul în AFB₁ cu 20% (16); după tratamentul cu acid clorhidric sau acid sulfuric 1%, AFB₁ și AFB₂ sunt distruse în procente de 13, respectiv 18%.

De asemenea, numeroase baze organice sau anorganice sunt eficiente în detoxifierea produselor agricole contaminate (17); amoniacul este admis în numeroase țări pentru decontaminarea micotoxinică a produselor agricole (arahide, bumbac, porumb). Condițiile de aplicare ale tratamentului includ: agentul chimic (amoniac lichid, gazos sau amestecul acestora), concentrația aplicată, timpul de contact, presiunea mediului, temperatura, determină nivelul de reducere a conținutului în micotoxinele eventual prezente în aliment (6,18). Efectul distructiv al altor baze (hidroxid de sodiu, hidroxid

de potasiu, hidroxid de calciu) asupra micotoxinelor este mai redus decât cel produs de amoniac.

Capacitatea de distrugere a AFB₁, în urma tratamentului cu baze, în soluție, la 110°C, determinată experimental se prezintă astfel: hidroxid de potasiu > hidroxid de sodiu > carbonat de potasiu > hidroxid de amoniu > bicarbonat de sodiu > carbonat de amoniu. Spre exemplu, tratamentul arahidelor decojite (30% umiditate) cu soluție de hidroxid de sodiu 2%, timp de 30 minute la 120°C reduce la urme cantitatea de AFB₁ existentă.

Utilizarea agenților oxidanți

Agenți oxidanți ca peroxidul de hidrogen și ozonul au fost experimentați în scopul reducerii conținutului în micotoxine al alimentelor.

Legăturile duble din structura unor aflatoxine (AFB₁, AFG₁, AFM₁) sunt distruse sub acțiunea ozonului, în timp ce aflatoxinele AFB₂, AFG₂ și AFM₂ sunt stabile în condiții identice de tratament (19, 20). McKenzie (21) a raportat distrugerea totală a aflatoxinelor și G₁ prin tratarea cu ozon de concentrație 2%; aflatoxinele B₂ și G₂ necesită concentrații de ozon de 20% pentru a obține aceleași rezultate. De asemenea, expunerea timp de 15 secunde la concentrații de ozon de 10% reduce concentrația de acid ciclopiazonic, aflatoxină, ochratoxină, patulină și zearalenonă la valori nedetectabile. În plus, tratamentul cu ozon reduce mutagenitatea aflatoxinelor. Peroxidul de hidrogen a fost folosit pe scară comercială pentru detoxifierea aflatoxinelor, zearalenonei și dioxinivelanolului. Spre exemplu, prin tratamentul smochinelor deshidratate cu apă oxigenată și cu bisulfid de sodiu se reduce conținutul în AF cu 65% după 72 de ore de tratament (22).

Utilizarea agenților reducători

Bisulfitul de sodiu este un compus mult utilizat ca aditiv pentru numeroase alimente și băuturi datorită proprietăților antioxidante, de inhibare a alterării enzimatică și acțiunii bacteriostatice. Numeroase studii experimentale au demonstrat capacitatea sa de a micșora toxicitatea unor micotoxine, mai ales, a aflatoxinelor B₁ și G₁ (6). Mecanismul de acțiune se bazează pe interacțiunea dintre bisulfid și legătura dublă a micotoxinei. În paralel, este diminuată acțiunea mutagenă a AFB₁. Tratarea smochinelor deshidratate cu soluție 1% de bisulfid de sodiu a redus conținutul în aflatoxină B₁ cu 28,2%. La fel, tratamentul boabelor de porumb cu bisulfid de sodiu 0,5%, respectiv 2%, a redus conținutul de aflatoxine cu 80%, respectiv 90%. Asocierea dioxidului de

sulf cu radiații UV, cu ridicarea temperaturii sau cu apă oxigenată și încălzire moderată au provocat o diminuare a conținutului de aflatoxine (B și G) cu până la 95%. De asemenea, dioxidul de sulf distruge dioxinivelanolul din boabele de porumb și patulina din suc de mere (23). Pateraki (24, 25) recomandă ca doza efectivă de metabisulfid de sodiu utilizată pentru a genera dioxidul de sulf, care controlează nivelul ocratoxinei A în vin, să fie de 650 – 700 mg/L, la o activitate a apei, $a_w = 0,985$ și de 400 – 450 mg/L dacă $a_w = 0,930$.

Utilizarea agenților de clorinare

Soluțiile apoase de clor sunt utilizate în mod curent în industria alimentară pentru dezinfectia echipamentelor, dar și pentru spălarea unor materii prime (fructe, pește, carne) înainte de procesare (2). Clorul gazos și hipocloritul de sodiu distrug aflatoxinele; concentrații de clor de 10% în aer distrug până la 90% din aflatoxinele prezente în arahide.

Alături de aceste categorii de agenți chimici experimentați și chiar utilizați pentru detoxifierea produselor alimentare, numeroase alte substanțe active sunt folosite pentru distrugerea micotoxinelor: aldehida formică, permanganatul de potasiu, boratul de sodiu, metanolul (soluție 75%). Utilizarea acestora în procesarea alimentelor este restricționată datorită problemelor de siguranță alimentară; în aliment ar putea să se acumuleze reziduuri nocive pentru organismul uman.

Yazici *et al.* (26) a studiat capacitatea de reducere a conținutului de patulină în suc de mere prin adăugare de tiamină, piridoxină și pantotenat de calciu.

Cercetările realizate de Cairns și Magan (27) au evidențiat că unele uleiuri esențiale, mai ales cele de scorțișoară și cuișoare au capacitatea de a limita producerea de micotoxine de către *Fusarium*, *Penicillium verucosum*, *Aspergillus ochraceus*, în funcție de condițiile de mediu. Butilhidroxi-toluenul, propil-parabenul, uleiul de scorțișoară și resveratrolul au redus cu până la 90% acumularea de dioxinivelanol și nivelanol în cereale (grâu). Resveratrolul a manifestat un spectru larg pentru controlul producerii micotoxinelor în cereale, dar metoda este foarte costisitoare (28).

Metode biologice

Alternativa la utilizarea metodelor fizice și chimice de îmbunătățire a siguranței alimentelor prin reducerea conținutului de micotoxine este aplicarea metodelor biologice; succesele obținute în ultimii ani în biologia moleculară, ingineria

genetică și genomica microbială au permis abordarea cercetărilor privind potențialul catabolic al unor compuși de metabolism microbial. Astfel, diferite culturi de fungi și-au dovedit capacitatea de a detoxifia aflatoxinele și ochratoxina în proporție de până la 100% (29). În timpul fermentației berii, *Saccharomyces cerevisiae* produce convertirea a peste 60% din zearalenonă în zearalenol, compus mai puțin toxic. Concentrațiile scăzute de micotoxine (aflatoxine, zearalenonă, ochratoxină) din bere, comparativ cu produsele agricole din care se obține, sugerează detoxifierea produsului în cursul fermentației alcoolice (30).

Anumite specii de *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Bifidobacterium* pot degrada aflatoxinele și ochratoxina din lapte în timpul fermentației. În același timp, bacteriile acido-lactice reduc semnificativ potențialul mutagen al micotoxinelor (31).

Unele flavobacterii (*Flavobacterium aurantiacum*) scad semnificativ conținutul în AFB₁ din numeroase produse alimentare (lapte, arahide, cereale). Ioni de calciu și de magneziu stimulează puternic distrugerea aflatoxinelor de către unele bacterii. Utilizarea *Flavobacterium aurantiacum* în procesarea alimentelor în scopul reducerii contaminării cu micotoxine, este limitată de culoarea galben strălucitoare pe care o imprimă mediului în care sunt introduse (32).

Inhibarea absorbției micotoxinelor în tractul gastro-intestinal

Cercetări recente privind diminuarea riscurilor consecutive prezenței micotoxinelor în alimentele ingerate, sunt orientate spre reducerea biodisponibilității acestora în organism. Asocierea în hrana animalelor a unor adsorbanți care să reducă absorbția micotoxinelor în tractul gastro-intestinal este cercetată ca metodă pentru protejarea animalelor de acțiunea nocivă a micotoxinelor prezente în furaje (5) și de a reduce nivelul micotoxinelor în produsele alimentare de natură animală. Astfel, cărbunele activat, aluminosilicați de sodiu și calciu, zeoliți, bentonite, anumite argile au dovedit capacitate ridicată de a adsorbi micotoxinele (33). Cele mai bune rezultate au fost obținute pentru aluminosilicați. Bentonitele realizează în paralel atât reținerea micotoxinelor cât și clarificarea și decolorarea uleiurilor conținând micotoxine. Sabater-Vilar (34) au experimentat eficacitatea unor adsorbanți adăugați în hrana animalelor (silicați minerali, zeoliți, cărbune activ, rășini sintetice, produși extrași din peretele celular

al unor drojdii) pentru reducerea biodisponibilității deoxinivalenolului și a zearalenonei.

O clasă de compuși cu proprietăți adsorbante sunt gluco-mananii existenți în celulele unor drojdii (35). Peretele celular al acestor drojdii conține polizaharide (glucani și manani), proteine, lipide - compuși care, prin mecanisme diferite (legături de hidrogen, ionice, interacțiuni hidrofobe), leagă moleculele de micotoxine și le diminuează absorbția în organism.

Eficacitatea utilizării adsorbantilor depinde de natura acestora și de structura micotoxinei; de aceea, cercetările trebuie efectuate pentru fiecare compus în parte. Spre exemplu, adsorbția OTA de către organo-zeoliți este condiționată de nivelul hidrofobiei acestora (36). Aceiași autori au demonstrat că efectele toxice ale OTA la nivelul tubului digestiv pot fi prevenite prin asocierea zeoliților în hrana animalelor.

Ellis (37) a demonstrat că adăugarea a 2% bentonită în hrana peștilor intoxicați cu AFB₁ timp de 7 zile, a redus cu 80% nivelul toxinei în ficatul și în rinichiul animalelor.

Cercetări recente au formulat ipoteza că absorbția în organism a micotoxinelor prezente în alimente poate fi redusă de către microorganismele prezente la nivelul tractului gastro-intestinal. Bacteriile lactice și bifidobacteriile au o mare afinitate pentru aflatoxine; mecanismul de reacție nu este complet elucidat, dar se sugerează asocierea prin fenomene fizice între AFB₁ și bacteriile lactice (38). Peptidoglicanii și polizaharidele din peretele celular sunt considerate responsabile de capacitatea de reținere a bacteriilor lactice. Capacitatea de legare a micotoxinei scade de la AFB₁ la AFG₂ (AFB₁ > AFB₂ > AFG₁ > AFG₂), în corelație cu scăderea polarității moleculei, ceea ce sugerează rolul interacțiunilor hidrofobe în realizarea legăturii (39).

Eficacitatea de legare a aflatoxinei M₁ este mai scăzută din cauza grupărilor – OH care determină o creștere a polarității moleculei. Reducerea nivelului aflatoxinei M₁ de către specii viabile de *Lactobacillus* (mai ales *Lactobacillus bifidus* Bb13), în tampon fosfat salin a fost de 18,1 – 53,8% în 15 – 16 ore.

Metode microbiologice

Anumite sușe de bacterii lactice, propionibacterii, bifidobacterii posedă structuri parietale capabile să se lege de micotoxine (40) și să le inactiveze. Astfel, *Flaviobacterium aurantiacum* poate lega aflatoxina B₁. Unele

microorganisme pot metaboliza micotoxinele (*Corynebacterium rubrum*) sau le pot bioconverti (*Rhizopus*, *Aspergillus*, *Eurotium*); metoda este lentă și puțin eficientă.

Un alt procedeu de reducere a nivelului micotoxinelor din alimente constă în izolarea și însămânțarea unor sușe de *Aspergillus flavus* netoxigene în vederea unei biocompetiții pentru substrat.

Cercetările mai recente (41) raportează rezultatele obținute prin experimentarea unei noi clase naturale de liganzi – glucomanani, rezultați din partea externă a pereților drojdiei *Saccharomyces cerevisiae*, care leagă micotoxinele în proporții variate.

Preocupări privind limitarea pătrunderii micotoxinelor în lanțul alimentar

Transformarea unor produse alimentare în alimente care ajung pe masa consumatorului (mai ales cerealele) trebuie să urmărească aplicarea unor tehnologii de procesare care să permită diminuarea aportului de micotoxine pentru organism. Pentru aceasta este importantă cunoașterea prezenței diferitelor micotoxine în fracțiunile obținute prin măcinare și utilizarea ulterioară a acestora în hrana omului sau animalelor. În general, grâul utilizat pentru fabricarea pâinii și pentru produse extrudate are un conținut de OTA de 10 – 50 ppb; la prepararea pâinii negre, ochratoxina A (OTA) se regăsește în produsul finit în proporție de 40 – 50% din concentrația inițială; restul rămâne în tărâțe (42).

În pâinea albă, procentul de OTA este de numai 20 – 30% din conținutul în micotoxină al bobului. Așadar, tărâța conține cea mai mare parte din OTA; în condițiile în care, tărâța este utilizată în alimentația omului pentru diferite bio-alimente, în lanțul alimentar pătrund produse cu concentrații crescute de micotoxină. La fel, deoxinivalenolul persistă în proporție de până la 50% în produsele obținute prin procesarea porumbului; extrudarea termică a porumbului scade conținutul în dioxinivalenol al produsului finit. Prin măcinarea uscată a boabelor de porumb conținutul în micotoxine al făinii scade cu până la 80 – 90%; cea mai mare parte a toxinelor se concentrează în germeni și în tărâțe. Măcinarea umedă concentrează micotoxinele în fracțiunea glutenică. Zearalenona existentă în grâu este prezentă în proporție de 60% în pâine și de 50% în pastele făinoase obținute din făina contaminată. Prezența zearalenolilor în bere confirmă metabolizarea zearalenonei de către

drojdii în timpul procesului de fermentație. Blandino *et al.* (43) au publicat date privind pătrunderea aflatoxinelor în lanțul alimentar; astfel flotația asigură separarea boabelor contaminate fungic, dar făina de porumb păstrează 50% din produsul inițial, datorită distribuției fracțiunilor în timpul măcinării.

Aceste date succinte privind prezența micotoxinelor în lanțul alimentar confirmă o dată în plus că procesarea produselor alimentare, de la măcinatul cerealelor și până la etapele finale ale procesului culinar nu asigură o reducere suficientă a contaminării; și de această dată se dovedește că cel mai ușor este să se prevină contaminarea cu micotoxine în etapele inițiale ale lanțului alimentar.

Bibliografie

- Kabak B, Dobson A, Var I - Strategies to Prevent Mycotoxin Contamination of Food and Animal Feed: A Review; *Critical Reviews in Food Sciences and Nutrition* 2006; 46(8):593-619.
- Sinha K K. *Detoxification of mycotoxins and food safety*. In: Sinha K K, Bhatnagar D (eds). *Mycotoxins in Agriculture and Food Safety*; New York: Marcel Dekker Inc, 1998: 381-405.
- Commission Regulation (EC) No. 466/2001 of 8 March, 2001. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuff, Brussel.
- Codex Alimentarius Commission - *Discussion paper on aflatoxins in pistachios CX/FAC 02/22; Joint FAO/WHO; Food Standards Programme*; Rotterdam, The Netherlands; 2002.
- EMAN. Evaluation and Risk-Training Course 1 - *Decontamination of mycotoxin contaminated raw materials*; <http://193.132.190.215/eman2/index.asp>.
- Scott P M. *Industrial and farm detoxification processes for mycotoxins*. In: Le Bars J, Galtier P (eds). *Mycotox'98 International symposium 2-4 July*; Toulouse, France; 1998: 543-548.
- Acar J, Gokmen V, Taydas E E *et al.* - The effects of processing technology on the patulin content of juice during commercial apple juice concentrate production; *Z Lebensm Unters Forsch A* 1998; 207:328-331.
- Artik N, Cemeroglu B, Aydar G *et al.* - Elma suyu konsantresinde aktif komiir kullanimi Uzerinde arajfirmalar; *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 1995; 19:259-265.
- Kadalkal C, Nas S - Effect of activated charcoal on patulin, fumaric acid and some other properties of apple juice; *Die Nahrung* 2002; 1:31-33.
- Kane A, Ba Diop, N, Diack TS *et al.* *Different technological processes of removing AFBi from crude peanut oil*. In: Le Bars J, Galtier P (eds). *Mycotox'98. International Symposium 2-4 July*, Toulouse, France; 1998.
- Kadalkal C, Nas S - Effect of heat treatment and evaporation on patulin and some other properties of apple juice; *Journal of the Sciences of Food and Agriculture* 2003; 83:987-989.
- Ozkarsh M - Yer fistiklannda aflatoksin B₁ ilzerine geleneksel vemikrodalgada kavurmamn etkisi; *Cukurova Universitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*; Adana; 2003.
- Shantha T, Murthy V S - Photo-destruction of aflatoxin in groundnut oil; *Indian Journal of Technology* 1977; 18:346-347.
- Ozer C, Altug T - Aflatoksin detoksifikasyonu amaciyla gelistirilen teknikler; *Ege Universitesi Muhendislik Fakültesi Dergisi* 1995; 13:119-138.
- Adegoke G O, Allamu A E, Akingbala J O, Akanni A O - Influence of sundrying on the chemical composition, aflatoxin content and fungal counts of two pepper varieties- *Capsicum annum* and *Capsicum frutescens*; *Plant Foods for Human Nutrition* 1996; 49:113-117.
- Tabata S, Kamimura H, Ibe A - Degradation of aflatoxins by food additives; *Journal of Food Protection* 1994; 57:42-47.
- EC report (*European Commission report*) - *Opinion on the relationship between the use of plant protection products on food plants and the occurrence of mycotoxins in foods*; Belgium: *European Commission SCP/RESI/063*, 1999.
- Norred W P - Ammonia treatment to destroy aflatoxins in corn; *Journal of Food Protection* 1982; 45:972-976.
- Heathcote J G, Hibbert J R. *Aflatoxin Chemical and Biological Aspect*; Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company; 1978.
- Chatterjee D, Mukherjee S K - Destruction of phagocytosis-suppressing activity of aflatoxin B by ozone; *Letters in Applied Microbiology* 1993; 17:52-54.
- McKenzie K S, Sarr A B, Mayura K *et al.* - Destruction of phagocytosis-suppressing activity of aflatoxin B by ozone; *Letters in Applied Microbiology* 1993; 17:52-54.

22. Foulter S G, Triverdi A B, Kitabatake N - Detoxification of citrinin and ochratoxin A by hydrogen peroxide; *The Journal of AOAC International* **1994**; 77:631-636.
23. Aytac S A, Acar J - Einflub von L-Ascorbinsäure und Schwefeldioxidzusatz auf die Stabilität von Patulin in Apfeläften und Pufferlösungen; *Ernährung* **1994**; 1:15-17.
24. Pateraki M, Dekanea A, Mitchell D - Ecology and control of ochratoxin in grapes and dried vine fruit; *BCPC Crop Science and Technology* **2005**; 403-410.
25. Pateraki M, Dekanea A, Mitchell D *et al.* - Efficacy of sulphur dioxide, controlled atmospheres and water availability on in vitro germination, growth and ochratoxin A production by strains of *Aspergillus carbonarius* from grapes and vine fruits; *Postharvest Biology and Technology* **2006**; 44:141-149.
26. Yazici S, Velioglu Y S - Effect of thiamine hydrochloride, pyri-doxine hydrochloride and calcium-d-pantothenate on the patulin content of apple juice concentrate; *Die Nahrung* **2002**; 4:256-257.
27. Cairns V, Magan N. *Impact of essential oils on growth and ochratoxin A production by Penicillium verrucosum and Aspergillus ochraceus on a wheat-based substrate*. In: P Credland, D M Armitage, C H Bell, P M Cogan (eds). *Advances in Stored Product Protection*. CABI International; 2003: 479-485.
28. Fanelli C, Taddei F, Trionfetti Nisini P - Use of resveratrol and BHA to control growth and mycotoxin production in wheat and maize seeds; *Aspects of Applied Biology* **2003**; 68:63-71.
29. Hwang C-A, Draughon F A - Degradation of ochratoxin A by *Acinetobacter calcoaceticus*; *Journal of Food Protection* **1994**; 57:410-414.
30. Bennett G A, Richard J L - Influence of processing on *Fusarium* mycotoxins in contaminated grains; *Food Technology* **1996**; (5):235-238.
31. Hosoda M, Hashimoto H, Fang H *et al.* - Inhibitory effect of milk cultured with *Lactobacillus* strains on the aflatoxin mutagenity; *Animal Sciences and Technology* **1997**; 68:555-562.
32. Ozkaya S - Ulkemizde aflatoksin sorunu yasanan bazi gidalarda aflatoksin Bi 'in azaltılması veya giderilmesinde *Flavobacterium aurantiacum*'un etkinliginin arastirilmesi; *Hacettepe Oniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi*; Ankara; 2003.
33. Ramos A J, Hernandez E - Prevention of aflatoxicosis in farm animals by means of hydrated sodium calcium aluminosilicate addition to feedstuffs: a review; *Animal Feed Science and Technology* **1997**; 65:197-206.
34. Sabater-Vilar M, Malekinejad H, Selman M H J - *In vitro* assessment of adsorbents aiming to prevent deoxynivalenol and zearalenone mycotoxins; *Mycopathologia* **2007**; 163:81-90.
35. Diaz D E, Hagler Jr W M, Hopkins B A *et al.* - Aflatoxin binders I: in vitro binding assay for aflatoxin B by several potential sequestering agents; *Mycopathologia* **2003**; 156:223-226.
36. Dakovic A, Tomasevic'-Canovic' M, Rottinghaus G *et al.* - Adsorption of ochratoxin A on octadecyldimethyl benzyl ammonium exchanged-clinoptilolite-heulandite tuff; *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* **2003**; 30:157-165.
37. Ellis R W, Clements M, Tibbetts A *et al.* - Reduction of the bioavailability of 20 ng I kg aflatoxin in trout feed containing clay; *Aquaculture* **2000**; 183:179-188.
38. Kabak B V - Binding of aflatoxin M by *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains; *Milchwissenschaft* **2004**; 59:301-303.
39. Haskard C, Binnion C, Ahokas J - Factors affecting the sequestration of aflatoxin by *Lactobacillus rhamnosus* strain GG; *Chemico-Biological Interactions* **2000**; 128:39-49.
40. Ahokas J, El-Nemazi H, Kankaanpää P, Mykkänen H, Salinen S - A pilot clinical study examining the ability of a mixture of *Lactobacillus* and *Propionibacterium* to remove aflatoxin from the gastrointestinal tract of healthy Egyptian volunteers; *Revue Médicine Vétérinaire* **1998**; 149:568 - 574.
41. Bakutisi B, Baliukoniene V, Paskevicius A - Use of biological method for detoxification of mycotoxins; *Botanica lithuanica* **2005**; suppl. 7:123-129.
42. Guy R C E, Scudamore K A, Banks J N - Fate of ochratoxin A in the processing of whole wheat grain during extrusion; *Food Additive and Contaminants* **2004**; 21: 488- 497.
43. Blandino M, Reyneri A, Vanara F *et al.* - Control of mycotoxins in corn from harvesting to processing operation; *Proceedings of International Quality Grains Conference*; 2004.