

CIÈNCIA

Les micotoxines i el seu control en els aliments

Ponència pronunciada el 16 de març de 2007 en la jornada «L'oli d'oliva: del camp a la taula i més enllà», a Lleida.

RESUM: *Les micotoxines són productes tòxics que provenen del metabolisme secundari del fongs filamentosos. A causa de la seva incidència negativa sobre la salut de l'home i dels animals, es fa necessari l'establiment d'estratègies destinades al control de la seva presència i acumulació en els aliments. Aquestes han d'estar enfocades en les etapes inicials de la recol·lecció de la matèria primera i en les etapes de postrecol·lecció i emmagatzematge. En cas que s'hagi produït la contaminació per micotoxines, és necessària l'aplicació de mesures i estratègies de control que permetin assegurar la seva eliminació en els productes alimentaris, o almenys reduir els nivells per sota dels establerts per la legislació. Aquests mètodes poden dividir-se en físics, químics i biològics. En aquest treball s'aporta una aproximació als sistemes de biocontrol descrits actualment.*

SUMMARY: *Mycotoxins are secondary metabolites produced by moulds. As they represent a big hazard for both human and animal health, it is necessary to find out effective strategies in order to control their presence in feed and food as well as their accumulation. These strategies must be focused on the harvest first stages and the post-harvest and storage stages. If a mycotoxin contamination is detected, it is necessary to apply measures and control strategies which guarantee its removal from feed and food, or at least to decrease the mycotoxin levels under the threshold established by legislation. These measures can be divided into physical, chemical and biological. This review introduces the biocontrol systems described so far.*

**SARA FIGUEROA,¹ SARA CENTENO,²
CARLES ADELANTADO FAURA,³
M. ÀNGELS CALVO TORRAS³**

1. Departament de Tecnologia dels Aliments, Nucli Nova Esparta, Universitat d'Orient (Veneçuela)

2. Departament de Bioanàlisi, Nucli Sucre, Universitat d'Orient (Veneçuela)

3. Departament de Sanitat i d'Anatomia Animals, Facultat de Veterinària, Universitat Autònoma de Barcelona

PARAULES CLAU: *micotoxines, control biològic, biocontrol.*

INTRODUCCIÓ

Les micotoxines són productes naturals tòxics de baix pes molecular que provenen del metabolisme secundari dels fongs filamentosos, o floridures, que s'acumulen en els substrats i, fonamentalment, en els òrgans com el fetge. S'ha descrit un nombre molt

elevat de micotoxines, entre les quals destaquen, per la seva incidència en els aliments i els seus efectes no desitjables sobre els éssers vius, les següents: aflatoxines, fumonisines, ocratoxines, toxina T-2, zearalenona i deoxinivalenol. Aquestes micotoxines es detecten generalment com a contaminants de cereals, llavors oleaginoses, nous, fruites i

Les estratègies destinades al control de la presència de micotoxines han de ser prioritàries en les etapes inicials, que inclouen la recol·lecció de les matèries primeres, i en les etapes de postrecol·lecció s'han de prendre mesures preventives

café, entre d'altres [1, 2, 3]. La FAO, l'any 2003 [4], va assenyalar que les micotoxines es consideren importants a causa de la seva freqüència i de la seva capacitat d'alterar notablement la salut dels homes i dels animals, així com els nivells de producció animal en diversos països. Entre els efectes comuns a la majoria de les micotoxines podem esmentar la immunosupressió, l'hepatotoxicitat, la nefrotoxicitat, la neurotoxicitat i l'oncogènesi [2, 3].

Les estratègies destinades al control de la presència de micotoxines han de ser prioritàries en les etapes inicials, que inclouen la recol·lecció de les matèries primeres, per la qual cosa és imprescindible establir unes bones pràctiques agrícoles, i en les etapes de postrecol·lecció s'han de prendre mesures preventives relacionades amb el control de les condicions d'emmagatzematge (humi-

tat, temperatura i temps) i amb les condicions d'higiene i neteja del magatzem, que impedeixen el desenvolupament dels fongs i la producció i acumulació de micotoxines [3, 5]. Si la producció de micotoxines ja ha tingut lloc, és necessari aplicar diferents mesures i estratègies que permetin garantir la seva eliminació o almenys reduir els nivells per sota dels establerts per la legislació.

MÈTODES DE CONTROL

Els mètodes per eliminar o per reduir la concentració de micotoxines en un producte es diferencien en físics, químics o biològics [6].

Mètodes físics i químics

Els mètodes físics es basen en mantenir de manera estricta les mesures

de conservació de les matèries primeres mitjançant el control de la humitat (< 12 %), de l'activitat d'aigua (< 0,70) i de la temperatura (entre 20° C i 22° C). Amb aquestes condicions es pot controlar el desenvolupament dels fongs i la possible producció i acumulació de micotoxines. En cas que les matèries primeres ja estiguin contaminades abans de l'emmagatzematge, és imprescindible l'aplicació de tractaments tèrmics, ja que poden ser efectius per tal d'evitar el desenvolupament dels fongs, però en cap cas no alteren les micotoxines preformades [7].

Els mètodes químics més eficaços són els tractaments amb àcids o amb bases fortes, així com els agents oxidants, els agents reductors i els derivats clorats. Alguns exemples són els tractaments amb amoníac, hidròxid de calci, àcid sulfúric, bisulfit sòdic, ozó o peròxid d'hidrogen [6].

Mètodes biològics

El biocontrol, o control biològic, s'empra en tres àmbits: fonamentalment amb agents biocompetitius, amb mecanismes moleculars i amb agents bioquímics que controlen la formació de les micotoxines en les soques productores [6]. Diferents gèneres de fongs filamentosos, com per exemple *Trichoderma*, *Rhizopus* i *Sporotrichum*, han demostrat una gran capacitat per destoxicar l'Aflatoxina B₁. *Aspergillus japonicus* té la capacitat de degradar l'ocratoxina A (OTA), convertint-la en ocratoxina- α i fenilalanina. Tanmateix, *Acinetobacter calcoaceticus* és capaç de degradar OTA en un 100 % en medis de cultiu que continguin etanol, sempre que es mantinguin a 30° C per un espai de temps de cent vint hores [8]. Bueno *et al.*, l'any 2006 [8], assenyalaren que diferents soques de *Lactobacillus casei* i *L. rhamnosus* poden usar-se com a mecanisme de control biològic enfront d'*Aspergillus flavus*, espècie descrita com a productora i acumuladora d'aflatoxines. Una altra possibilitat per tal de controlar el desenvolupament de fongs és l'addició d'extractes natu-

Una altra possibilitat per tal de controlar el desenvolupament de fongs és l'addició d'extractes naturals a les matèries primeres o als productes acabats

El mecanisme d'acció dels extrems naturals i dels olis essencials sobre els microorganismes deriva del fet que provoquen la ruptura de la membrana cel·lular

als a les matèries primeres o als productes acabats. Tequida-Meneses *et al.*, l'any 2002 [9], avaluaren l'efecte de diferents extractes alcohòlics de plantes silvestres sobre la capacitat de desenvolupament dels fongs, destacant que els extractes de les plantes *Larrea tridentata*, *Baccharis glutinosa*, *Datura discolor* i *Proboscidea parviflora* controlaven el creixement de soques d'*Aspergillus flavus* i de *Fusarium poae*. L'any 2006, García i Heredia [10] van demostrar que els extractes metabòlics de flors d'*Agave perruna* i d'*Agave striata* inhibien el desenvolupament d'*Aspergillus flavus* i d'*Aspergillus parasiticus*, així com la producció i l'elaboració d'aflatoxines en moresc en una proporció del 90 %.

Els extractes naturals generalment són olis essencials produïts per una àmplia varietat de plantes com a mecanismes de defensa enfront de l'atac dels bacteris, dels fongs i fins i tot de virus. La majoria dels olis essencials estan constituïts per una àmplia gamma de components que o bé actuen de manera sinèrgica o bé ho fan com a coadjuvants. Es caracteritzen per ser, generalment, compostos volàtils de baixa densitat i per posseir un important component aromàtic. Molts d'aquests components s'aïllen de membres de les famílies *Leguminosae*, *Solanaceae*, *Rutaceae*, *Umbeliferae*, *Mirtaceae*, *Cruciferae* i *Liliaceae*, així com de gèneres de coníferes [10-14]. S'ha suggerit que l'efecte d'inhibició de les plantes sobre els microorganismes pot estar directament relacionat amb la presència de compostos fenòlics, com per exemple les cumarines i els flavonoids. Tanmateix, les fitoquines, biomolècules aïllades de productes derivats de plantes, com les infusions, els extrems i els olis essencials, manifesten una marcada activitat antimicrobiana [6, 14]. L'ús d'extrems naturals de *Rutaceae* està sent investigat en l'actualitat com un mecanisme alternatiu de biocontrol de fongs toxicogènics i de micotoxines [15]. Dube *et al.*, l'any 1990 [16], posaren de manifest que els olis essencials presents en fruits de *Zanthoxylum alatum*, de la família de les

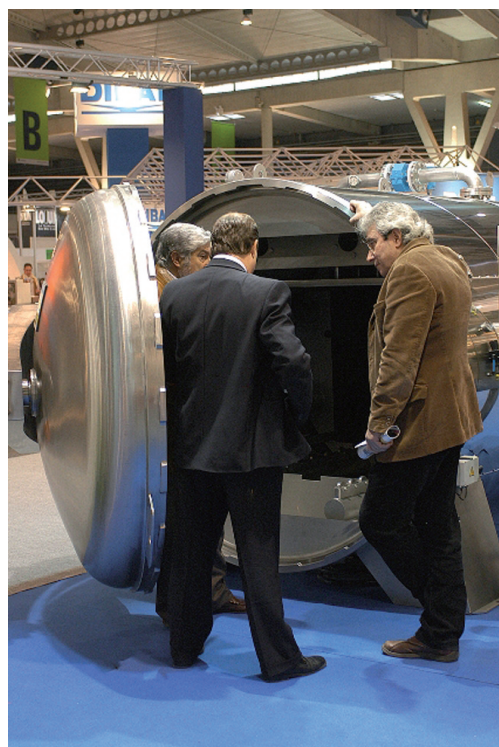
Rutaceae, tenen un efecte fungistàtic sobre una àmplia varietat de fongs, entre els quals destaquen soques d'*Aspergillus flavus* i *Aspergillus parasiticus*. Souza *et al.*, l'any 2005 [14], determinaren que els olis essencials extrems de *Citrus lima* i *Cymbopoga citratus* tenen una notable activitat antifúngica, fonamentalment enfront de soques de *Fusarium*, *Rhizopus*, *Aspergillus* i *Penicillium*. Posteriorment, Sharma i Tripathi, l'any 2005 [17], van evidenciar que els olis essencials extrems de l'epicarp de *Citrus sinensis* tenen la capacitat d'inhibir el desenvolupament de fongs: actuen sobre la paret de l'hifa, reduint la seva mida i determinant l'absència de conidiofors. Indirectament actuen impedit o minimitzant la formació i l'acumulació de micotoxines. En l'actualitat, són poc nombrosos els grups de treball que avaluen els beneficis dels extrems naturals com a sistemes de biocontrol de micotoxines. Mohanlall i Odhar, l'any 2006 [13], van comprovar el biocontrol amb fitoalexina obtinguda de *Citrus sinensis* sobre aflatoxines B₁, B₂, G₁, G₂ i sobre fumonisina B₁, assenyalant que és capaç de produir una inhibició de la producció de les micotoxines de l'ordre del 43 %. En el mateix sentit, Krishnamurthy i Shashikala, l'any 2006 [18], van demostrar que els olis essencials extrems de *Citrus sinensis* redueixen els nivells d'aflatoxina B₁, presents en llavors de soja. El mecanisme d'acció dels extrems naturals i dels olis essencials sobre els microorganismes i els seus metabòlits secundaris no es coneix en tota la seva extensió i són desconeguts els mecanismes d'acció sobre

les micotoxines. Se sap, però, que posseeixen una elevada capacitat antioxidant i s'ha suggerit que l'acció antimicrobiana deriva del fet que provoquen la ruptura de la membrana cel·lular, incrementant la seva permeabilitat i facilitant la pèrdua de constituents intracel·lulars, que són vitals per al desenvolupament dels microorganismes i per a la producció del seu metabolisme secundari. Tanmateix, provoquen una alteració i fins i tot una pèrdua de les seves activitats enzimàtiques [11, 14, 19]. En aquest sentit, aquests productes naturals són útils en el control i la degradació de les micotoxines.

BIBLIOGRAFIA

1. MILLER, J. D. (1995). «Fungi and mycotoxins in grain: Implications for stored product research». *J. Stor. Prod. Res.*, vol. 31, supl. 1, p. 1-16.
2. BENNET, J. W.; KLICH, M. (2003). «Mycotoxins». *Clin. Microbiol. Rev.*, vol. 16, supl. 3, p. 497-516.
3. MURPHY, P. A.; HEINDRICH, S.; LANDGREN, C.; BRYANT, C. (2006). «Food mycotoxins: An update». *J. Food Sci.*, vol. 71, supl. 5, p. 51-65.
4. *Manual sobre la aplicació del sistema de Anàlisi de Peligros y Puntos Crítics de Control (APPCC) en la prevenció y control de las micotoxinas* (2003). Roma: FAO. Departament d'Agricultura.
5. SANCHIS, V.; MARÍN, S.; RAMOS, A. J. (2000). «Control de micotoxinas emergentes. Situación legislativa actual». *Rev. Iberoam. Micol.*, vol. 17, p. 69-75.
6. KABAK, B.; DOBSON, A. D.; VAR, I. (2006). «Strategies to prevent mycotoxin contamination of food and animal feed: A review». *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 46, supl. 8, p. 593-619.
7. CASTELLS, M.; PARDO, E.; RAMOS, A. J.; SANCHIS, V.; MARÍN, S. (2006). «Reduction

- of ochratoxin A in extruded baley meal». *J. Food Protect.*, vol. 69, supl. 5, p. 1139-1143.
8. BUENO, D. J.; SILVA, J. O.; OLIVER, G.; GONZÁLEZ, S. N. (2006). «*Lactobacillus casei* CRL 431 and *Lactobacillus rhamnosus* CRL 1224 as biological controls for *Aspergillus flavus* strains». *J. Food Protect.*, vol. 69, supl. 10, p. 2544-2548.
 9. TESQUIDA-MENESES, M.; CORTEZ-ROCHA, M.; ROSAS-BURGOS, E.; LÓPEZ-SANDOVAL, S.; CORRALES-MALDONADO, C. (2002). «Efectos de extractos alcohólicos de plantas silvestres sobre la inhibición de crecimiento de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium expansum*, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium poae*». *Rev. Iberoam. Micol.*, vol. 19, supl. 2, p. 84-88.
 10. GARCÍA, S.; HEREDIA, N. (2006). «Mycotoxins in Mexico: Epidemiology, management and control strategies». *Mycopathol.*, vol. 162, supl. 3, p. 255-264.
 11. CALVO, M. A.; COSTA-BATLLORI, P.; MARZO, I. (2001). «Sinergismo entre extractos naturales y ácidos orgánicos en nutrición aviar». Treball presentat al XXXVIII Simposi Científic d'Avicultura. Secció Espanyola de Ciència Avícola. Còrdova, Espanya, del 22 al 24 de novembre.
 12. GARCÍA, E.; HEREDIA, N.; GARCÍA, S. (2005). «Inhibition of growth and mycotoxin production of *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* by extracts of *Agave* species». *Int. J. Food Microbiol.*, vol. 98, supl. 3, p. 271-279.
 13. MOHANLALL, V.; ODHAV, B. (2006). «Bio-control of aflatoxins B₁, B₂, G₁, G₂ and fumonisin B₁ with 6,7-dimethoxycoumarin, a phytoalexin from *Citrus sinensis*». *J. Food Protect.*, vol. 69, supl. 9, p. 2224-2229.
 14. SOUZA, E. L.; OLIVEIRA, E.; FREIRE, K. R.; SOUSA, C. P. (2005). «Inhibitory action of some essential oils and phytochemicals on the growth of various moulds isolated from foods». *Brazil. Arch. Biol. Technol.*, vol. 48, supl. 2, p. 245-250.
 15. YOSHIDA, N.; TAKAGI, A.; KITAZAWA, H.; KAWAKAMI, J.; ADACHI, I. (2006). «Effects of citronellal, a monoterpenoid in *Zanthoxylum fructus*, on the intestinal absorption of digoxin *in vitro* and *in vivo*». *J. Pharm. Sci.*, vol. 95, supl. 3, p. 552-560.
 16. DUBE, S.; KUMAR, A.; TRIPATHI, S. C. (1990). «Antifungal and insect-repellent activity of essential oil of *Zanthoxylum alatum*». *Ann. Botany.*, vol. 65, supl. 1, p. 457-459.
 17. SHARMA, N.; TRIPATHI, A. (2006). «Fungitoxicity of the essential oil of *Citrus sinensis* on post-harvest pathogens». *World J. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 22, supl. 6, p. 587-593.
 18. KRISHNAMURTHY, Y. L.; SHASHISKALA, J. (2006). «Inhibition of aflatoxin B production of *Aspergillus flavus*, isolated from soybean seeds by certain natural plant products». *Lett. Appl. Microbiol.*, vol. 43, supl. 5, p. 469-474.
 19. LEE, K. W.; EVERTS, H.; BEYNEN, A. C. (2004). «Essential oils in broiler nutrition». *Int. J. Poultry Sci.*, vol. 3, supl. 12, p. 738-752.



Oferta de maquinària a Bta.