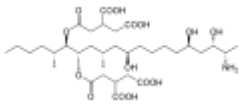


Fumonisinak



Laburpena

Fumonisinak *Fusarium verticillioides* eta *F. proliferatum* ondoek sortutako mikotoxinak dira. Kutsatzaile natural gisa aurki daitezke zerealetan, batez ere artoan eta basartean. Dena den, beste zereal batzuetan eta zerealetatik eratorritako produktuetan ere aurki daitezke.

B taldeko fumonisinak dira naturan arruntenak, eta, zehazki, B1 motakoa da maizen aurki daitekeena. Edonola ere, elikagaietan B2, B3 eta B4 fumonisinak ere hauteman izan dira. Halaber, aipatzekoak dira fumonisinin forma eraldatuak edo metabolitoak.

Oso ebidentzia gutxi dago fumonisinin eta horien forma eraldatuen toxikologiari dagokionez. **Minbizia Ikertzeko Nazioarteko Agentziak (IARC, ingelesez) 2B taldean sailkatu ditu fumonisinak;** hau da, pertsonentzat kartzinogenikoak izan daitezkeen substantzien taldean. Ildo horretan, 1 µg/gorputzaren pisu/egun izan da EFSAren CONTAM taldeak ezarritako eguneko ingestio toleragarria (EI0) B1, B2, B3 eta B4 fumonisinei dagokienez, bakarrik zein beste substantzia batzuekin nahastuta.

Nekazaritza-jardunbide egokiak (NJE) aplikatzea ezinbestekoa da landare-produktuak fumonisinin bidez kutsatu ez daitezzen. Dena den, horrekin ez da nahikoa: ezinbestekoa da, halaber, biltegiatze-, garraio- eta manipulazio-jardunbide egokiak aplikatzea eta elikagaien industriar Arriskuen eta Kontrol Puntu Kritikoen Analisisirako (AKPKA) programak ezartzea.

Zerealak fumonisinak bidez gutxiago kutsatzen lagun dezakete

hainbat metodok, besteak beste: bereizteak, garbitzeak, prozesamendu termikoak (estrusioa barne), ehotzeak, hartzidurak eta alkalisidun tratamenduek.

Fumonisinak batez ere *Fusarium verticilliodes* eta *F. proliferatum* onddoek sortutako mikotoxinak dira. Kimikoki, kate luzeko aminopoliolak dira, azido trikarbalilikoko albo-kate bi dituztenak.

Konposaturik garrantzitsuenak B taldeko fumonisinak dira (FB1-FB4), eta hidroxid-taldeak kopuru eta kokapen ezberdina dute kate nagusian. Beste fumonisina batzuk ere hauteman eta deskribatu izan dira (A, C eta P taldekoak), baina askoz maila baxuagoan; hortaz, ez dira esanguratsuak.

Aipatutakoez gain, garrantzitsuak dira, halaber, fumonisinin forma eraldatuak, hau da, onddoetan, izurritutako landareetan edo baserriko animalietan sortzen diren metabolitoak. Elikagaiak eta pentsuak prozesatzean ere sortzen dira. Fumonisinin honako forma eraldatu hauek hauteman dira elikagaietan: hidrolizatutako FBak (HBF), partzialki hidrolizatutako FBak (pHFB) –hidrolisi alkalino bidez sortzen direnak– eta fumonisinin azukre-konjugatuak.

Fumonisinin produkzioa uzta aurreko klima-faktoreekin dago lotuta; besteak beste, uraren jarduerarekin eta tenperaturarekin. Hibridoak sorrera, aldiz, beste faktore batzuekin erlazionatu da; esaterako, ongarri nitrogenatuekin, ereintza-garaiarekin eta uzta-garaian aleek duten hezetasunarekin.

Fumonisinak mundu osoko zerealetan dauden kutsatzaile naturalak dira, baina batez ere **artoa eta basarloan aurki daitezke**. Neurri txikiagoan hauteman dira garian, bestelako zerealetan eta zerealetatik eratorritako produktuetan; adibidez, gosaritarako zerealetan, janaurrekoetan, opiltxoetan, garagardoan eta abarretan.

FB1-3ren presentzia ondo dokumentatuta dago artoan eta artotik eratorritako produktuetan. Ostera, informazio gutxi dago FB4ren presentziari buruz, eta are gutxiago oraindik FB5-6ren agerpen-maiztasunari buruz.

Eraldatutako formei dagokienez, FB1-3ren forma hidrolizatuak hauteman dira prozesatutako elikagaietan; esaterako, nixtamalizazioa jasan duten elikagaietan. Alabaina, oso informazio gutxi dago beste metabolito batzuen presentziaren gainean. Bestalde, ez dago informaziorik forma eraldatu horiek animalia-jatorriko elikagai eta pentsuetara transferitzeari dagokionez.

Artoan, fumonisina-kontzentrazioak oso handiak izan daitezke (unitatea: milioiko parteak), are 300 mg/kg-tik gorakoak. Gainera, artoan, beste mikotoxina batzuekin agertu ohi dira fumonisinak; oro har, trikotozenoekin, adibidez, deoxinibalenolarekin.



Artoa eta basartoa



Zerealak eta beraiekin egindako produktu eraldatuak

Esperimentazio-animalietan egindako ikerketek agerian utzi dute FBlen xurgapena txikia dela traktu gastrointestinalean (ahotiko dosiaren % 4 baino gutxiago), eta azkar iraitzen dela behazun-bideetatik. Batez bestean, 4 orduetik behera daude

bizirik. Hartutako dosiaren % 90 baino gehiago gorotzen bidez kanporatzen da, eta, beraz, plasman, ehunetan eta gernuan hauteman daitezkeen kontzentrazioak txikiak dira.

Ikusi da fumonisinek ondorio akutuak dituztela hainbat espezieetan (adibidez, zaldietan), baina EFSAren CONTAM taldeak ondorioztatu du eskuragarri dauden datuen argitan, ez dela beharrezkoa toxikotasun akutuko erreferentzia-baliorik ezartzea fumonoisinei edo beren forma eraldatuei dagokienez.

Animaliak esposizio kronikoan jarrita, ikusi da tumoreak agertzen direla gibelean eta giltzurrunetan. FBI ez da mutagenikoa bakterioetan, eta ez du programatu gabeko DNAren sintesirik eragiten ugaztunen zeluletan; alabaina, oxidazio-estresa eragiten du zeharkako mekanismo baten bidez. Fumonisinak eta horien forma hidrolizatuek duten ekintza toxikoa lipidoen metabolismoa etetea datza.

Gizakiengan hautemandako hainbat ondorio klinikori buruz eztabaidatu dute adituek (esaterako, esofagoko minbizia, gibelesko minbizia, NTDa edo hazkundearen narriadura), baina ez da ondorioztatu horietako bat ere fumonisinekiko esposizioaren ondorio zuzena denik. **Minbizia Ikertzeko Nazioarteko Agentziak (IARC) 2B taldean sailkatu zituen fumonisinak 2002an**, eta gaur egun indarrean dago oraindik ere sailkapen hori.

2B taldea – gizakientzat kartzinogenikoak izan daitezkeenak

Toxikotasun-azterketek FBlen ondorioak aztertu dituzte, batik batik. Gainerako fumonisinin toxikotasunari buruz oso datu gutxi dago, baina badirudi antzeko profil toxikoa dutela eta potentzia toxikoak ere magnitude-ordena berekoak direla.

2005ean, fumonisinak animalien elikaduran substantzia kaltegarriak direlako iritzia argitaratu zuen EFSAk (EFSA, 2005). Bertan, NOAEL indizea eta hautemandako ondorio kaltegarrien maila baxuenak (LOAEL) eman zituen aditzera, abelburuen eta baserriko abereen hainbat espezieri dagokienez. Ikerketa horren arabera, espezierik sentikorrenak zaldiak eta

txerriak dira. Ezin izan zuten NOAEL indizetik inolako baliorik ondorioztatu, baina, aldiz, hau da FB1i dagokionez egunean kontsumitu daitekeen **LOAEL maila: 0,2 mg/gorputz-pisuaren kg/egun.**

2018an, EFSAren CONTAM taldeak ondorio kritikotzat hartu zuen gibelean hautemandako hepatozito megalizitoek erakutsitako inditcidentzia-mailaren hazkundera, eta, ondorioz, hau da eman zuen BMDL10 balioa: 0,1 mg/gorputz-pisuaren kg/egun. BMDL10 hori oinarritzat hartuta, **honako eguneko ingestio transmitigarri (EIT) hau ezarri zuen: 1,0 µg FB1/gorputz-pisuaren kg/egun.**

Antzeko egitura eta profil toxikologikoa dutenez, CONTAM taldeak erabaki zuen FB2, FB3 eta FB4 ere FB1ekin batera sailkatu behar zirela EIT taldean. Bestalde, CONTAM taldeak ez zituen FB5 eta FB6 EIT taldean sartu ez zegoelako in vivo eta in vitro datu nahikorik; izan ere, ondorioztatu zuten jatorrizko konposatuek baino toxikotasun txikiagoa zeukatela.

eguneko ingestio toleragarria (TDI): 1 µg/gorputz-pisuaren kg/egun

Intoxikazio akutua eragiteko beharrezkoa den dosiari dagokionez konparatzen badugu fumonisinak eta aflatoxinak toxitasuna, fumonisinak nahiko urruti daude aflatoxinak gaitasun toxikotik, baina askoz kontzentrazio handiagoetan aurki daitezke.

Talde osorako eguneko ingestio toleragarri bakarria ezarri die EFSAko CONTAM taldeak fumonisinei, baina ez da gai izan arrisku hori karakterizatzen; izan ere, datu gutxi dago fumonisinei eta horien forma eraldatuek zerealetan duten presentziari buruz. *Halaber, oso gutxi dakigu fumonisinak toxikozinetikari eta toxikotasunari buruz.*

2014an, EFSAk arriskuaren ebaluazio bat egin zuen, eta, bertan, haurrentzako batez besteko esposizio kronikoen balioak kalkulatu zituen: 0,17 eta 2,11 µg/gorputz-pisuaren kg/egun

bitartean (horiek dira beheko gutxieneko muga [LB] eta goiko gehieneko muga [UB]). 95. pertzentilean, esposizioa 0,54 eta 4,39 /gorputz-pisuaren kg/egun bitartekoa izan zen. Helduentzako batez besteko esposizio kronikoak 0,03 eta 1,19 µg/gorputz-pisuaren kg/egun bitartekoak izan ziren, eta 95. pertzentilean 0,08 eta 2,30 µg/gorputz-pisuaren kg/egun bitartekoak (gutxieneko LBa eta gehieneko UBa, hurrenez hurren).

FAOren eta OMEren elikagaietako gehigarrien gaineko adituen batzorde mistoak (OME, 2016) FBlekiko eta, oro har, **fumosinekiko batez besteko esposizioa kalkulatu zuen Europako herrialdeetan, eta emaitzak 0,250 µg/gorputz-pisuaren kg/egun azpikoak izan ziren.** FBlekiko eta guztirako fumosinekiko esposizio-mailarik handienak gazteen adin-tarteetan hauteman ziren. Batzordeak agerian utzi zuen esposizioa oso handia izan daitekeela artoa elikagai-iturri nagusi den eremuetan; beraz, kutsadura ere oso handia izan daiteke.

Oso datu gutxi dago fumosinen eta horien forma eraldatuen toxikotasunari, ekintza-moduari eta egitura-antzekotasunei buruz.

Arrisku-ebaluazio horrek sortutako zalantza handia da, baina txikiagotu egin daiteke baldin eta fumonisinaren eta beren forma eraldatuen presentziari, toxikozinetikari eta toxikotasunari buruzko datu gehiago eskuratzen badira.

Hainbat ikerketa egin dira zenbait prozesamendu-metodok oro har zerealak eta espezifikoki artoa FB1, FB2 eta FB3 bidez kutsatzean dituzten ondorioei buruz: bereizteak, garbitzeak, prozesamendu termikoak (estrusioa barne), ehotzeak, hartzidurak eta alkalidun tratamenduak (nixtamalizazioa).

Fumonisina-kontzentrazioak hasierako kutsadura-mailaren arabera murrizten dira bereiztean eta garbitzean. Bustita ehotzen denean, partzialki murriz daitezke fumosinak, uretan disolbatzen direlako. Lehorrean ehotzen denean, erabilitako

ehotze-estrategiaren arabera sakabanatuko dira toxinak. Frogatu da artoa tratatzeko alkalisidun tratamendu komertzial eta tradizionalak, nixtamalizazioa, adibidez, eraginkorrak direla fumonisina bidezko kutsadura murriztu eta animalia-ereduetan dituzten ondorio toxikoak gutxitzeko edo desagerrarazteko.

Zearalenonak eta bere metabolitoek elikagaiak ekoizteko katean duten presentziaren arriskua kontrolatzeko neurriak etapa hauetan guztietan aplikatu behar dira:

- **Hasierako fasean, laborea ereiten denetik bildutako elikagaiak garraiatzen diren arte, garrantzitsua da nekazaritza-jardunbide egokiak ezartzea, higieneari eta manipulazioari dagokienez, arrisku-faktoreak murrizteko.** Horrela, hazitako zerealak *Fusarium* onddoen mikotoxinekin kutsatzea saihestu daiteke. Aipatutako jardunbideak, Batzordearen 2006ko abuztuaren 17ko gomendioan daude ezarrita, *Fusarium* toxinak zerealetan eta zerealez egindako produktuetan prebenitzeari eta murrizteari buruzkoan.
 - Honako hauek dira garrantzitsuenak:
 - Laboreak txandakatzea.
 - Barietatea edo hibridoa hautatzea.
 - Laborea planifikatzea (baldintza metodologiko egokiak).
 - Lurzoruak kudeatzea.
 - Fungizidak zehazki erabiltzea.
 - Uzta biltzea.
 - Lehortzea.
 - Biltegiatzea.
 - Garraiatzea.
- **Elikagaiak eraldatzean, garrantzitsua da ekoizpen-jardunbide egokiak ezartzea, higieneari eta manipulazioari dagokienez, kutsatutako elikagaiak ontziratzean, biltegiatzean, garraiatzean eta ekoiztean, azken elikagaiko fumonisina-mailak ahal den**

neurrian murrizteko. Halaber, beharrezkoa da Arriskuen eta Kontrol Puntu Kritikoen Analisisirako (APPCC) programak ezartzeko.

Fumonisina bidezko kutsadura saihesteko neurri gehienak uzta aurrekoak direnez, litekeena da kontsumitzaileak ezin murriztea arrisku hori.

Dena den, **higiene- eta manipulazio-jardunbide egokiak betetzea gomendatzen da elikagaiak prestatu eta gordetzerakoan**, elikagaiei eragiten dieten beste patogeno batzuen bidez kutsatu ez daitezen (adibidez, elikagaiak behar bezala gordetzea eta lizuna duten elikagaiak botatzea, kutsatuta egon daitezkeelako eta berauek kontsumitzea kaltegarria izan daitezkeelako; izan ere, lizuna ez dago bakarrik elikagaien kanpoko aldean, barruan ere egon daiteke).

Europar Batasunean [Europako Batzordearen 2023ko apirilaren 25eko 2023/915 \(EB\) Erregelamenduak](#) elikagai jakin batzuetako fumonisina-edukiaren gehieneko mugak arautzen ditu. Erregelamendu hori elikagaietako kutsatzaile jakin batzuen gehieneko mugei buruzkoa da eta 1881/2006 (EE) Erregelamendua indargabetzen du.

- [Mycotoxin mixtures in food and feed: holistic, innovative, flexible risk assessment modelling approach -2019](#)
- [Appropriateness to set a group health-based guidance value for zearalenone and its modified forms-2016](#)
- [Evaluation of the increase of risk for public health related to a possible temporary derogation from the maximum level of deoxynivalenol, zearalenone and fumonisins for maize and maize products. EFSA-2014](#)
- [Opinion of the Scientific Panel on contaminants in the food chain related to fumonisins as undesirable substances in animal feed. EFSA-2005](#)
- [Fumonisin-2018](#)
- [Fumonisin, JOINT FAO/WHO EXPERT COMMITTEE ON FOOD](#)

ADDITIVES. Eighty-third meeting, November 2016