

Mısır ve Mısır Kaynaklı Gıdalarda Fumonisinler

Hilal YILDIZ Selahattin SERT

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü 25240 – Erzurum (yildizh@atauni.edu.tr)

Geliş Tarihi : 02.07.2003

ÖZET: *Fusarium* türleri çok önemli mikotoksin üreticileri olup tane üzerindeki gelişimleri mikotoksin kontaminasyonuna yol açabilmektedir. 1988 yılında Güney Afrika'nın Transkei Bölgesi'nde keşfedilen fumonisinler en önemli toksik küf metabolitleri arasındadır. Bunlar hem mısır hem de mısır kaynaklı gıdalarda bulunan *Fusarium moniliforme* ve *F. proliferatum* tarafından üretilirler. Fumonisinler farklı ülkelerde mısır ve mısır kaynaklı insan gıdaları ve hayvan yemlerinde tespit edilmiş ve bazı hastalıklarla ilişkilendirilmiştir. Fumonisinler atlarda leukoencephalomalacia (LEM)'ya, farelerde karaciğer kanserine ve domuzlarda akciğer ödemeine sebep olmaktadır. İnsanlarda ise, çeşitli ülkelerde (özellikle Güney Afrika'nın Transkei Bölgesi) yüksek oranlarda yemek borusu kanseri ile ilişkilendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fumonisin, *Fusarium*, Mısır, Küf, Mikotoksin

Fumonisin In Maize And Maize-Based Foods

SUMMARY: *Fusarium* species are very important mycotoxin producers and their growth on ripening grains may lead to mycotoxin contamination. In 1988, fumonisins, which were discovered in the Transkei, South Africa, belong to the most important toxic fungal metabolites. They are produced by *Fusarium moniliforme* and *F. proliferatum* that are found in both corn and corn-based food. Fumonisin has been reported in maize and maize-based human food and animal feed in various countries and these mycotoxins have been associated with several diseases. They have been to cause disease symptoms of leukoencephalomalacia (LEM) in horses, pulmonary edema in swine and hepatocellular carcinoma in rats. In humans, fumonisins have been implicated in the high incidence of esophageal cancer in various countries (especially Transkei in the South Africa).

Key Words: Fumonisin, *Fusarium*, Maize, Mould, Mycotoxin

GİRİŞ

Mikotoksinler, küflerin gıda ve yemlerde gelişmesi sonucu oluşturdukları toksik metabolitlerdir. 1960'lı yılların başlarına kadar potansiyel hastalık kaynağı olarak bilinmeyen mikotoksinler, bu kötü şöhreti 1961 yılında İngiltere'de patlak veren Hindi X hastalığı ile kazanmıştır (Dutton,1996). İnsan sağlığı için son derece önemli olan mikotoksinler özellikle *Fusarium*, *Aspergillus* ve *Penicillium* gibi gıda üretim zincirinde yer alan üç önemli küf cinsi tarafından üretilmektedir (Sweeney ve Dobson, 1998). Küf gelişimi ve mikotoksin kontaminasyonu; ürün gelişimi, hasat ve depolama süresince meydana gelebilir. Sıcaklık ve nem de en etkili çevresel faktörler arasında olup, mikotoksin epidemiyolojisinde kritik rol oynarlar (Turner vd., 1999).

Fusarium türleri önemli mikotoksin üreticilerindedir ve olgunlaşan tanelerde gelişerek mikotoksin kontaminasyonuna neden olurlar (Weidenbömer, 2001). İlk kez 1988 yılında Güney Afrika'nın Transkei Bölgesi'nde keşfedilen fumonisinler özellikle atlar üzerindeki öldürücü etkileri ile dikkati çekmişlerdir (Dutton, 1996).

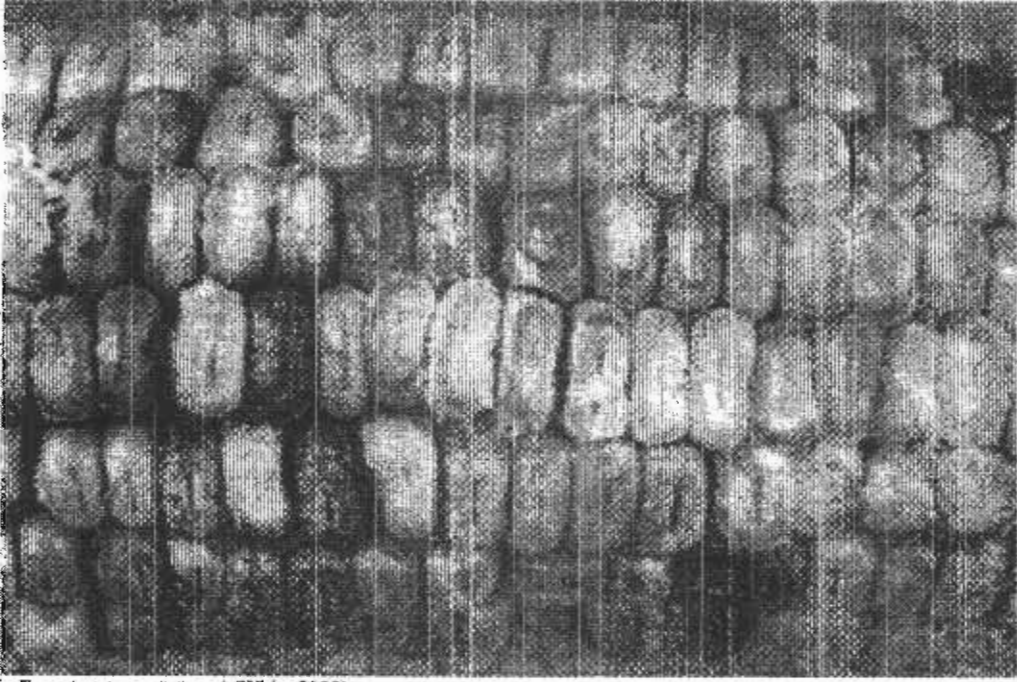
Fumonisinler önemli toksik küf metabolitleri olup (Weidenbömer, 2001) mısırın en yaygın küf kontaminantlarından biri olan *Fusarium moniliforme* tarafından üretilmektedir (Katta vd., 1997; Mullet vd., 1998; Turner vd., 1999; Gamanya ve Sibanda, 2001). *F. proliferatum*, *F. anthropilum*, *F. dlamini*, *F. napiforme* ve *F. nygamai* de, fumonisin üreten *Fusarium* türleri arasında yer alırlar (Katta vd., 1997; Sweeney ve Dobson, 1998; Gamanya ve Sibanda, 2001).

Mısırdaki fumonisin kontaminasyonu üzerinde, iklim koşulları önemli rol oynamaktadır. Serin ve nemli hava koşulları, çürümeye yol açan küf gelişimini uyarmakla beraber mısır ürünleri, düşük fumonisin kontaminasyonu gösterebilirler. Buna karşılık; düşük enfeksiyon oranlarında aşırı sıcak ve/veya kuraklık bitkinin fumonisin kontaminasyonuna duyarlılığını artırır (Weidenbömer, 2001). Veriler fumonisinlerin yalnızca tarlada değil aynı zamanda depoda da üretildiğini göstermektedir (Magnoli vd., 1999).

Yemlerin *F. moniliforme* ile kontaminasyonu, hayvanlarda çeşitli hastalıklarla ilişkilendirilmiş ve mısırın *F. moniliforme* ile enfekte olması ile, G. Afrika'nın Transkei Bölgesi ve Çin'de, insanlarda görülen yemek borusu kanseri arasında bir ilişki olduğu ifade edilmiştir (Thiel vd., 1991a; Shier, 2000; Gamanya ve Sibanda, 2001).

Hepatotoksik ve kanserojenik metabolitler olarak bilinen aflatoksinlerin de sıkça mısır bitkisini kontamine ettiği belirtilmiştir. Fakat mısırın en fazla kontamine eden mikotoksinin fumonisinler olduğu bildirilmiştir. Östrojenik bir toksin olan zearalenone'nun ve sindirim bozukluğuna yol açan deoxynivalenolün de mısır üzerinde oluşumu gözlemlenmektedir (Solovey vd., 1999).

Fusarium türlerinin mısırdaki neden oldukları en önemli hastalık *Fusarium* tane çürümesidir (ŞekiI1). Beyazdan sarımsı pembe renge kadar değişen bir renk değişimi ile kendini gösterir ve mısır tanelerinin üzerini pembemsi beyaz iplikler kaplar (Park, 2003). 1988 yılına



Şekil 1. Tipik bir *Fusarium* tane çürütmesi (White,2000)

kadar *Fusarium* tane çürütmesi, ekonomik açıdan önemli görülmezken, fumonisin adı verilen mikotoksinin keşfi ile önem kazanmıştır (White, 2000).

Fumonisinlerin kimyasal yapıları incelendiğinde, 20 karbonlu propan-1,2,3-trikarboksilik asit diesteri ve primer amino grubu içeren bir pentahidroksikosan oldukları görülmüştür. Sfgolipidlerin iskeletini oluşturan sfingozine benzer yapıdadırlar (Sweeney ve Dobson, 1998).

Bugüne kadar; FB₁, FB₂, FB₃, FB₄, FA₁ ve FA₂ olmak üzere 6 fumonisin yapısı tanımlanmıştır. Bunlar arasında gıdalarda en fazla bulunanları fumonisin B₁ ve fumonisin B₂'dir. (Scott, 1993; Sweeney ve Dobson, 1998).

Fumonisinler güçlü polar bileşiklerdir. Suda çözünmezler, asetonitril-su ve metanolde daha çok çözünürler. Bu özelliklerine sahiptirler ancak nonpolar çözümlerde çözünmezler (Vesander vd., 1990). Bir kısmı insan ya da hayvanların dokularına bağlı bulunabilirler ancak çoğu idrar, dışkı ve süt ile dışarı atılırlar. Buna rağmen, fumonisin kalıntıları düşük de olsa domuzların karaciğer ve böbreklerinde; sığırların ise karaciğerlerinde bulunur. İnsanlar, kontamine olmuş et, süt, yumurta ve sakatat gibi yenilebilir hayvansal ürünlerin tüketimi yoluyla fumonisinlere maruz kalabilirler. Bu durum ise, insan sağlığı üzerinde oldukça zararlı sonuçlara zemin hazırlayabilir (Yiannikouris ve Jouany, 2002).

Bu derlemenin amacı, özellikle mısır ve mısır ürünlerini kontamine eden fumonisinlerin genel özellikleri, insan ve hayvanlar üzerindeki toksik etkileri ve dünyada yaygın olarak buldukları bölgeler

hakkında bilgi vermek ve bu konu ile ilgili çok az çalışmanın bulunduğu ülkemizde daha fazla araştırma yapılmasını teşvik etmektir.

GIDA İŞLEMENİN FUMONİSİNLER ÜZERİNE ETKİSİ

Fumonisinler mısır ve mısır kaynaklı hemen her üründe saptanmıştır. Yapılan çalışmalar genel olarak fumonisinlerin, ısıya karşı son derece stabil olduklarını ve gıda işleme aşamalarının bir çoğunda tam olarak tahrip olmadıklarını ortaya koymuştur. Bu araştırmalar, 150°C'yi aşan sıcaklıklarda toksin içeriğinde azalma olduğunu, 220°C'de ısıyla muameleden sonra tamamen parçalanmaya uğradığını göstermiştir (Scott, 1993). Gıdalara uygulanan 125°C ve daha düşük sıcaklık derecelerindeki işlemlerde, fumonisin kaybı %25-30 iken, 175°C ve daha yüksek sıcaklıklarda kayıp % 90 hatta daha fazla olabilmektedir (Bullerman vd., 2002).

Fumonisinler genellikle mısırdaki bulduklarından mısırın işleme yöntemi fumonisin miktarı üzerinde etkili olmaktadır. Yapılan araştırmalar, mısırın öğütülmesi sonucunda elde edilen öğütme ürünlerinde ve bütün mısırdaki fumonisin konsantrasyonunun yüksek olduğunu buna rağmen; mısır cipsi, patlamış mısır, tortilla cips gibi mısır kaynaklı ürünlerde fumonisin miktarının ya hiç olmadığını ya da çok az olduğunu göstermiştir (Katta vd., 1997).

Katta ve ark., 1997'de kuru yöntemle öğütülen mısırlardan elde edilen öğütme ürünlerinde fumonisinlerin dağılımı üzerine bir araştırma yapmış ve yapılan bu çalışmada, ürünlere geçiş miktarı belirlenmiştir. Bu durum Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Mısır taneleri ve kuru öğütme sonrasında elde edilen öğütme ürünlerinde toplam fumonisin ($B_1 + B_2 + B_3$) içeriği ($\mu\text{g/g}$).

Örnek	Bütün Mısır	Kepek	Ruşeym	Endosperm Parçaları	Un
1	0.6	1.8	0.1	0.1	0.5
2	3.3	2.2	1.2	0.1	0.3
3	0.3	1.6	1.0	<0.1	0.3
4	<0.1	2.0	0.9	<0.1	0.3
5	3.2	2.9	0.5	0.1	0.2
6	0.2	3.2	0.6	<0.1	1.1
7	3.5	2.1	0.9	<0.1	0.3
8	0.1	2.1	2.0	0.1	0.2
9	0.3	1.7	0.3	0.1	0.2
10	0.1	1.8	0.7	0.1	0.6
11	3.3	2.0	0.6	0.1	0.3
12	0.7	1.5	0.5	<0.1	0.2

(Katta vd., 1997)

Tablodan da görüleceği gibi, bütün mısırdaki fumonisin miktarı gr'da <0.1–3.5 $\mu\text{g/g}$ arasında iken bu oran unda 0.2–1.1 $\mu\text{g/g}$, ruşeyimde 0.1–2.0 $\mu\text{g/g}$ ve kepekte 1.5–3.2 $\mu\text{g/g}$ olarak saptanmıştır. Bu çalışmada, endosperm parçalarındaki *Fusarium* sayısı, düşük fumonisin konsantrasyonuna bağlı olarak düşüktür. Bununla birlikte bazı kepek örneklerinde *Fusarium* sayısı düşük olsa bile fumonisin konsantrasyonu yüksek bulunmuştur. Bu durum *Fusarium* enfeksiyon seviyesinin fumonisin seviyesi ile daima doğru orantılı olmadığını gösterir (Katta vd., 1997).

Genelde mısır gevreklerinde fumonisin kontaminasyonu yok veya çok azdır. Belirli koşullar altında FB_1 ısıya dayanıklı olmasına rağmen, bu mısır ürününü işlemede kullanılan özel proses, fumonisin seviyesini önemli ölçüde düşürmektedir. Alkali ile pişirme işleminin uygulandığı tortilla üretiminde yüksek pH'dan dolayı FB_1 hidrolizlenmektedir. Bu nedenle, alkali ile işlem görmüş ürünlerde fumonisin seviyesi 1 mg/kg'ın altında bulunur. Patlamış mısır da önemli ölçüde işlem görmüş bir ürün olduğundan, kontaminasyon ya hiç yoktur ya da çok azdır (Weidenbörner, 2001).

Fumonisin oluşturan *F.moniliforme* varyeteleri, arpa ve buğdayda bulunsa da, bu tahıllara karşı olan patojeniteleri kesin değildir. Fumonisinler, kontamine olmuş mısır kaynaklı mısır şırası gibi ek maddelerin kullanımı ile birayı kontamine edebilmektedir. Fermentasyon işlemleri ile fumonisin inaktive edilemediğinden biranın kontaminasyonu mümkün olmaktadır (Scott ve Lawrence, 1995; Weidenbörner, 2001). Bu konu ile ilgili olarak Kanada'da yapılan bir araştırmada 41 adet bira örneğinde 0.4 ile 15 ng/ml arasında FB_1 bulunmuştur (Scott ve Lawrence, 1995).

TOKSİK ETKİLERİ

Fumonisin mikotoksini keşfedildikten kısa bir süre sonra çeşitli hayvanlarda toksik etkileri olduğu ve insanlarda da belirli hastalıklara yol açtığı anlaşılmıştır. Fumonisinler üzerinde yapılan toksikolojik çalışmalar, mısır ve mısır kaynaklı gıdalar üzerinde gelişen ve en önemli fumonisin olan FB_1 üzerinde yoğunlaşmıştır

(Thiel vd., 1991a; Scott, 1993; Nijs vd., 1998; Turner vd., 1999).

Fumonisinlerin bilinen ilk vakalarının sağlık üzerindeki etkileri karaciğer kanseri ile ilgili olup, bu durum insan popülasyonunda çok az araştırılmıştır. Hayvanlar üzerindeki toksikolojik çalışmaların büyük kısmı, karaciğer ve böbrek toksitesini esasen fumonisinlere bağlamış ve buradan hareketle fumonisinlerin, özellikle karaciğer ve böbrekleri hedef aldığını göstermiştir. Aflatoksin ve FB_1 ile kontamine olmuş domuz yemlerinin, karaciğer kanseri üzerinde sinerjik etkileri kanıtlanmasına rağmen piliçlerde böyle bir etkiye rastlanmamıştır (Turner vd., 1999).

FB_1 'in farelerde karaciğer kanserine neden olduğu bildirilmiş ve elde edilen veriler; bu fumonisin yapısının erkek farelerde böbrek kanallarında tümörlere sebebiyet verirken, dişi farelerde ise karaciğer hücrelerinde tümörlere yol açtığını göstermiştir. Başka bir çalışmada ise FB_1 'in farelerde karaciğer kanseri üzerindeki etkileri araştırılmaya çalışılmıştır (Gelderblom vd., 1988; Mullet vd., 1998; Turner vd., 1999).

Fumonisinlerin hayvanlar üzerindeki en dikkat çekici etkisi atlarda gözlenmiştir. Atlara damar yoluyla FB_1 enjekte edilmesi sonucunda, bu işlemden kısa bir süre sonra atlarda bir tür rahatsızlık meydana gelmiştir. Kısaca LEM (leukoencephalomalacia) veya ELEM (equine leukoencephalomalacia) adı verilen bu rahatsızlık, beynin beyaz maddesinin sıvılaşması ile ortaya çıkan ve atlarda ölüme veya ağır hastalığa yol açan bir sendromdur. Bu durumun baş gösterdiği bölgelerle ilişkili olan mısır numunelerinde FB_1 ve FB_2 'ye rastlanmıştır (Thiel vd., 1991b; Dutton, 1996; Turner vd., 1999). Bu sendromun belirtileri ise şunlardır:

-Kontamine yemlerin yenilmesinden bir süre sonra ortaya çıkan iştahsızlık

-Uyuşukluk ve

-Nörotoksik etkilerdir. Bu duruma bağlı olarak dengesiz hareketler ve körlükle birlikte gelen amaçsız yürüyüşler gelişir. Bazı durumlarda sinir sistemi ile ilgili herhangi bir belirti olmaksızın ölüm meydana gelebilir. Ayrıca dudakların ve burnun şişmesi gibi karaciğer ile ilgili semptomlar görülebilir (Dutton, 1996).

Fumonisinlerden en çok etkilenen diğer bir hayvan grubu da domuzlardır. 1989 yılında ABD'nin Georgia

Eyaleti'ndeki domuzlarda başgösteren bir hastalık üzerine araştırmalar yapılmış ve otopsielerde akciğerlerde ödeme rastlanmıştır (Dutton, 1996; Turner vd., 1999). Yapılan araştırmada, 4 domuza farklı oranlarda FB₁ ve FB₂ enjekte edilmiş ve 4 gün süreyle kg vücut ağırlığı başına 0.4 mg'a kadar fumonisine maruz bırakılan domuzlardan biri 50 gün içerisinde ölmüştür (Dutton, 1996).

1988-89 yılları arasında Amerika'da yaşayan domuzlarda görülen diğer hastalıklar ise; cenin ölümleri ve daha yaşlı hayvanlarda solunum rahatsızlıkları olmuştur (Dutton, 1996). Fumonisinler ayrıca at, domuz, ördek, tavşan, piliç, sığır, koyun ve farelerde karaciğer, böbrek ve kalp gibi organlarda oluşturdukları hasarlar ile ölüme neden olurlar (Turner ve ark., 1999). Yapılan araştırmalar, fumonisinlerin hindi ve piliçlerde de toksik etkilere sahip olduğunu göstermiştir (Mullet vd., 1998).

FB₁'in kanserojenik özelliklere sahip olduğu ve insanlarda görülen yemek borusu kanseri etiyolojisinde rol oynadığı ileri sürülmüştür (Nijs vd., 1998). Bazı ekolojik çalışmalar, G. Afrika ve Çin'in dünyada en yüksek yemek borusu kanseri oranına sahip ülkelerin başında geldiğini ve bu ülkelerde yaşayan insanlardaki yemek borusu kanseri oranı ve yiyecek tüketimi ile alınan fumonisin oranı arasında pozitif korelasyon olduğunu göstermiştir (Turner vd., 1999). Yani; gıdalarla birlikte alınan fumonisin oranı arttıkça yemek borusu kanseri oranının da arttığı ifade edilmiştir.

Mikotoksinler üzerindeki ilk epidemik çalışmalar, gıdalarda, özellikle de mısırdaki küf kontaminasyonunun yaygın olması ile yemek borusu kanseri arasında bir ilişki olduğu üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalar kapsamında, G. Afrika'da yemek borusu kanseri bakımından yüksek ve düşük risk bölgelerindeki 12 evden toplanan mısır örneklerinde *Fusarium* kontaminasyonunun incelendiği ve buna göre, yüksek risk bölgelerinden seçilen evlerde ailenin yetişkin bir üyesinin yemek borusunda hücresel anomaliler görüldüğü bildirilmiştir (Turner vd., 1999).

Benzer şekilde Çin'de yüksek oranlarda yemek borusu kanseri oranına sahip 5 kent ile düşük oranlarda yemek borusu kanserine rastlanan 3 kentte bir çalışma yapıldığı, bu araştırmada, mısır ve buğdaydaki *Fusarium* toksinlerinin seviyesinin, yüksek risk bölgelerinde çok daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Bu analizin, aile üyelerinden birinin yemek borusu kanseri olduğu yüksek risk bölgesindeki 27 aileden ve aile üyelerinden hiçbirinin bu hastalığa sahip olmadığı düşük risk taşıyan bölgedeki 20 aileden toplanan toplam 30 buğday ve 47 mısır örneklerine dayandırıldığı ifade edilmiştir (Turner vd., 1999).

İnsanlarda yemek borusu kanserinin yüksek oranlarda bulunduğu bölgelerde fumonisin seviyeleri hakkında bir araştırma yapılmış ve bu araştırma sonuçlarına göre, yemek borusu kanseri riskinin olduğu G. Afrika'nın Transkei Bölgesi'nde 1985 yılında fumonisin seviyesi sağlıklı mısırdaki 10.2 ppm iken küflü

mısırdaki 63.2 ppm olarak tespit edilmiştir. Aynı bölgede 1989 yılında ise sağlıklı mısırdaki 6.7 ppm, küflü mısırdaki 140.5 ppm oranında fumonisine rastlanmıştır. ABD'nin G. Carolina Bölgesi'nde mısır kaynaklı gıdalar üzerinde yapılan araştırmalar, FB₁ seviyesinin 0.17-2.4 ppm olduğunu göstermiştir (Park, 2003). Yemek borusu kanseri riskinin olduğu Çin Halk Cumhuriyeti'nin Linxian Kenti'nden toplam 31 mısır örneği toplanmış ve FB₁ bakımından araştırılmıştır. Bu araştırma sonucunda 31 örneğin 16'sında 18-155 ppm FB₁ ve ağır küf kontaminasyonu saptanmıştır. Geri kalan 15'inde ise görünür bir küf kontaminasyonuna rastlanmazken 20-60 ppm arasında FB₁ tespit edilmiştir (Chu ve Li, 1994). Linxian Kenti'nde yapılan bir başka araştırmada ise toplanan mısır örneklerinde 0.87 ppm FB₁ ve 0.45 ppm FB₂'ye rastlanmıştır (Yoshizawa ve ark., 1994).

MISIR KAYNAKLI ÜRÜNLERDE VE YEMLERDE FUMONİSİN VARLIĞI

İspanya'da insan ve hayvan tüketimine sunulan mısır kaynaklı ürünlerden alınan 228 kadar örnekte, fumonisin B₁ oranı araştırılmış, buna göre hayvan tüketimi için hazırlanan yemlerden alınan örneklerin % 86'sında FB₁ görülmüştür. Bu örneklerin 4'ünde FB₁ seviyesinin 5000 ng/g'dan fazla, 10.000 ng/g'dan yüksek olmadığı saptanmıştır. İnsan tüketimine sunulan mısır kaynaklı gıdalardan alınan örneklerin ise; % 23'ünde FB₁'e rastlanmış ve bu örneklerdeki FB₁'in en düşük seviyesinin 16 ng/g iken, en yüksek seviyesinin 938 ng/g olduğu ifade edilmiştir. Örnekler arasında en fazla kontaminasyona maruz kalan gıdaların 299-988 ng/g oranı ile kepekli mısır unları olduğu görülmüştür (Velluti vd., 2001).

Bu konu ile ilgili diğer bir çalışma Tayvan'da yapılmıştır. Bu amaçla 4 farklı bölgede belirlenen 8 yem fabrikasından 233 kadar örnek alınmış ve bu örneklerde mevcut FB₁ ve FB₂ varlığı ince tabaka kromatografisi (TLC) ile tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; domuz yemlerinden alınan 55 örnekte FB₁ ve FB₂ oranı %41.8 olarak belirlenirken, ördek yemlerinden alınan 66 örnekte FB₁ oranı % 40.9 ve FB₂ oranı % 37.8 olarak tespit edilmiştir. Piliç yemlerinden alınan 43 örnekte ise FB₁ %23.2 ve FB₂ %13.9 olarak saptanmıştır (Cheng vd., 2002).

Nijs ve ark., (1998) 18 ülkeden toplam 349 mısır örneği toplamış ve FB₁ varlığını araştırmışlardır. Araştırma sonucunda örneklerin %93'ünde bu mikotoksin rastlanmışlar ve tüm örneklerdeki FB₁ miktarını 420 ng/g ve ortalama miktarı ise 1.359 ng/g olarak belirlemişlerdir.

Kanada'da yapılan 5 yıllık bir survey çalışmasında, mısır ve mısır ürünlerinde fumonisinlerin risk değerlendirmesi yapılmıştır. Bu surveyin yayınlanan 4 yıllık sonuçlarında çalışılan toplam 361 örnekte (taze mısır, dondurulmuş mısır, kuru mısır, mısır ezmesi, mısır irmiği, mısır unu, kahvaltılık mısır gevreği ve mısırdan yapılan çerez gıdalar) 64 tanesinde $\geq 0.1 \mu\text{g/g}$ FB₁, 10

örnekte ise $\geq 1\mu\text{g/g}$ düzeyinde FB_1 belirlenmiştir. Kanada'da halkın bu gıdalar yoluyla fumonisinleri günde kg vücut ağırlığı başına 0,089 $\mu\text{g/kg}$ 'dan daha az düzeyde aldığı tahmin edilmektedir. 5-11 yaş grubu çocukların bu gıdaları daha fazla tüketmeleri nedeniyle fumonisin alım miktarının arttığı bildirilmektedir (Kuiper-Goodman vd., 1996).

Bazı ülkelerde perakende satış noktalarında satışa sunulan mısır kaynaklı insan gıdalarının da fumonisin içerdiği ifade edilmiş ve yapılan bir çalışmada bu noktalardan alınan mısır unlarında FB_1 ve FB_2 miktarları sırasıyla 2.98 $\mu\text{g/g}$ ve 0.92 $\mu\text{g/g}$ düzeyine kadar tespit edilmişken, mısır irmiklerin de bu değerler 2.55 $\mu\text{g/g}$ ve 1.07 $\mu\text{g/g}$ düzeyine kadar çıkabilmiştir. İsviçre, A.B.D. ve Güney Afrika'daki kahvaltılık mısır gevreklerinde ise fumonisinlere çok seyrek olarak rastlanmış, FB_1 miktarı 0.06 $\mu\text{g/g}$ 'ın altında kaldığı bildirilmiştir (Scott, 1993).

Bir başka çalışmada ise, ilk alınan mısır örnekleri ve bir sonraki yıl aynı bölgeden (Transkei Bölgesi) toplanan yeni örnekler kullanılarak, mısırdaki hem FB_1 ve hem de FB_2 oranları arasında pozitif bir korelasyon saptandığı ve yüksek risk bölgelerinden alınan, özellikle doğal şartlarda enfekte olmuş mısır örneklerinin kg 'da 117 mg 'a kadar FB_1 ve kg 'da 23 mg 'a kadar FB_2 içerdiği bildirilmiştir (Turner vd., 1999).

Fumonisinler insanlar için olduğu kadar hayvanlar için de önemli risk faktörüdür. A.B.D., Güney Afrika ve Brezilya'daki çeşitli yem örneklerinde yapılan incelemelerde FB_1 miktarı 122 $\mu\text{g/g}$, FB_2 ise 23 $\mu\text{g/g}$ gibi yüksek düzeylerde tespit edilmiştir. A.B.D.'de yapılan çeşitli araştırmalarda at yemlerindeki FB_1 miktarının 10 $\mu\text{g/g}$ düzeyini aşması durumunda atlarda LEM'e yol açabileceği belirlenmiştir. Problemsiz yemlerde ise FB_1 miktarının genellikle 6 $\mu\text{g/g}$ 'ın altında olduğu tespit edilmiştir. Yemlerdeki fumonisin konsantrasyonunun 20 $\mu\text{g/g}$ 'ı geçtiği domuz çiftliklerinde de hastalık riskinin önemli oranda arttığı ileri sürülmüştür (Scott, 1993).

YASAL LİMİTLER

FDA tarafından insan tüketimine sunulan mısır ve mısır ürünlerinde izin verilen fumonisin seviyeleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2'ye göre; yağ oranı kurumadde de % 2.25'den az olan mısır ürünlerinde fumonisin seviyesi 2 ppm, yağ oranı kurumadde üzerinden % 2.25'e eşit ve fazla olan mısır ürünlerinde 4 ppm, patlamış mısır üretiminde kullanılan temizlenmiş mısırdaki 3 ppm olarak belirlenmiştir (Anon., 2001).

Çiftlik hayvanlarının yemlerinde kabul edilebilir ve resmi olmayan fumonisin seviyeleri Amerikan Mikotoksin Komitesi tarafından belirlenmiş ve bu durum Tablo 3'de verilmiştir (Park, 2003).

Tablo 3'e göre, çiftlik hayvanları arasında at yemlerinde kabul edilebilir seviye 5 ppm olarak belirlenirken, bu oran domuzlar için 10 ppm, kasaplık sığırlar ve kümes hayvanları için 50 ppm olarak

belirlenmiştir. Süt sığırlarında ise herhangi bir belirleme yapılmamıştır.

Tablo 2. İnsan tüketimine sunulan mısır ve mısır kaynaklı ürünlerde izin verilen max. fumonisin seviyeleri *

Ürün	Toplam Fumonisin ($\text{FB}_1 + \text{FB}_2 + \text{FB}_3$) (ppm)
Özü çıkarılmış, kuru öğütülmüş mısır ürünleri (kuru madde üzerinden % 2,25'den az yağ içeren mısır gevreği, mısır kırmacı, mısır küspesi, mısır unu vb.)	2
Kısmen özü çıkarılmış veya hiç çıkarılmamış, kuru öğütülmüş mısır ürünleri (kuru madde üzerinden % 2,25'den fazla yağ içeren mısır gevreği, mısır kırmacı, mısır küspesi, mısır unu vb.). Kuru öğütülmüş mısır kepeği.	4
Patlamış mısır üretiminde kullanılan temizlenmiş mısır	3

(*Anon., 2001'den alınmıştır).

Tablo 3. Çiftlik hayvanlarının yemlerinde kabul edilebilir ve resmi olmayan fumonisin seviyeleri

Hayvanlar	Maksimum kabul edilebilir seviye
At	5 ppm
Domuz	10 ppm
Kasaplık Sığırlar Kümes Hayvanları	50 ppm
Süt Sığırları	Belirlenmemiş

(Park, 2003'den alınmıştır)

ANALİZ YÖNTEMLERİ

Mısır ürünlerinde fumonisinlerin yaygın olarak oluşumunu ve onların insan sağlığı üzerindeki olası etkilerini belirlemek amacıyla çeşitli analitik teknikler geliştirilmiştir. Bu yöntemler; yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC), gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS), ince tabaka kromatografisi (TLC) ve ELISA yöntemleridir (Dutton, 1996).

HPLC yöntemi; hassasiyet, güvenilirlik ve doğruluğu ile mısır ve mısır kaynaklı ürünlerdeki fumonisin düzeylerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemin en önemli dezavantajı, bazen düşük de olsa incelenecek numunelerde bulunan fumonisin benzeri yapıları ayıramamasıdır. Bu durumda genellikle ek olarak saflaştırma işlemine başvurulur. Yürütülmesi oldukça kolay olan ve pahalı ekipman gerektirmeyen ELISA yöntemi ise tarama amaçlı olarak kabul edilebilirlik kazanmaktadır. Gaz kromatografisi ise son derece hassas olmasına rağmen oldukça pahalı ekipman gerektirmektedir. TLC yöntemi pratik olmasına rağmen, fumonisin seviyesinin belirlenmesinde fazla hassas değildir (Dutton, 1996).

SONUÇ:

Fumonisinlerin ilk kez 15 yıl gibi kısa sayılabilecek bir süre önce teşhis edilmeleri ve daha sonra yapılan araştırmalarla son derece ciddi toksik etkilere yol açtıklarının belirlenmesi, bu toksin grubunu önemli kılmaktadır.

Mısır, dünyada üretimi en fazla olan tahıllardan olup, mısır kaynaklı türler ise çeşitlilik arz etmektedir. Mısır aynı zamanda hayvan beslenmesinde kullanılan yemlerin de temel hammaddesi durumundadır. Bunlara ilaveten mısırdan yapılan çerez türü gıdaların yetişkinler, özellikle de çocuklar tarafından tüketilmesi konuyu çok daha önemli hale getirmektedir.

Ülkemizde bu konuda yapılan bilimsel araştırma sayısı yetersiz olup, kapsamlı çalışmaların yürütülmesi toplum sağlığı açısından önem taşımaktadır. Mısır ve mısır kaynaklı ürünlerin ithalatçısı ülkeler ise ithal edilen ürünlerde yasal olarak izin verilen miktarları dikkate almalı ve kontrol etmelidirler.

KAYNAKLAR

Anonymous 2001. Background paper in support of fumonisin levels in corn and corn products intended for human consumption. U.S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition Center for Veterinary Medicine. <http://vm.cfsan.fda.gov/~dms/fumonbg3.html>.

Bullerman, L.B., Ryu, D., Jackson, L.S., 2002. Stability of fumonisins in food processing. *Mycotoxins and Food Safety Advances in Experimental Medicine and Biology*, 504: 195-204.

Cheng, Y.H., Wu, J.F., Lee, D.N., Yang, C.M.J., 2002. Prevalence of fumonisin contamination in corn and corn-based feeds in Taiwan. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 15 (4): 610-614.

Chu, F.S., Li, G.Y., 1994. Simultaneous occurrence of fumonisin B₁ and other mycotoxins in moldy corn collected from the People's Republic of China in regions with high incidences of esophageal cancer. *Appl. Environ. Microbiol.*, 60 (3): 847-852.

Dutton, M.F., 1996. Fumonisin, mycotoxins of increasing importance: Their nature and Their effects. *Pharmacol. Ther.*, 4 (2): 137-161.

Gamanya, R., Sibanda, L., 2001. Survey of *Fusarium moniliforme* (*F. verticillioides*) and production of fumonisin B₁ in cereal grains and oilseeds in Zimbabwe. *Int. J. of Food Microbiol.*, 71: 145-149.

Gelderblom, W.C.A., Jaskiewicz, K., Marasas, W.F.O., Thiel P.G., Horak, R.M., Vleggar, R., Kriek, N.P.J., 1988. Fumonisin-novel mycotoxins with cancer-promoting activity produced by *Fusarium moniliforme*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 54 (7): 1806-1811.

Katta, S.K., Cagampang, A.E., Jackson, L.S., Bullerman, L.B., 1997. Distribution of *Fusarium* molds and fumonisins in dry-milled corn fractions. *Cereal Chem.*, 74 (6): 858-863.

Kuiper-Goodman, T., Scott, P.M., McEwen, N.P., Lombaert, G.A., W. Ng. 1996. Approach to the risk assessment of fumonisins in corn-based foods in Canada. *Adv. Exp. Med. Biol.* 392: 369-393.

Magnoli, C.C., Saenz, M.A., Chiacchiera & Dalcerio, A.M. 1999. Natural occurrence of *Fusarium* species and fumonisin production by toxigenic strains isolated from poultry feeds in Argentina. *Mycopath.*, 145, 35-41.

Mullet, W., Lai, E.P.C., Yeung J.M., 1998. Immunoassay of fumonisins by a surface plasmon resonance biosensor. *Analytical Biochemistry*, 258: 161-167.

Nijs, M., Egmond, H.P., Nauta, M., Rombouts, F.M., Notermans, S. H. W., 1998. Assessment of human exposure to fumonisin B₁. *J. Food Protect.*, 61 (7): 879-884.

Park, S., 2003. Fumonisin page. <http://www.ansci.cornell.edu/courses/as625/1997term/Park/>

Scott, P.M. 1993. Fumonisin. *Int. J. of Food Microbiol.*, 18:257-270.

Scott, P.M., Lawrence, G.A. 1995. Analysis of beer for fumonisins. *J. Food Protect.*, 12:1379-1382.

Shier, W.T., 2000. The Fumonisin Paradox: A review of research on oral bioavailability of fumonisin B₁, a mycotoxin produced by *Fusarium moniliforme*. *J. Toxicol.- Toxin Reviews*, 19, 161-187.

Solovey, M.M.S., Somoza, C., Cano, G., Pacin, A., Resnik, S. 1999. A survey of fumonisins, deoxynivalenol, zearalenone and aflatoxins contamination in corn based food products in Argentina. *Food Addit. Contam.*, 16, 325-329.

Sweeney, M.J., Dobson, A.D.W., 1998. Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* Species. *International Journal of Food Microbiology*, 43: 141-158.

Thiel, P.G., W.F.O. Marasas, E.W. Sydenham, G.S. Shephard, W.C.A. Gelderblom, J.J. Nieuwenhuis., 1991a. Survey of fumonisin production by *Fusarium* species. *Appl. Environ. Microbiol.*, 57: 1089-1093.

Thiel, P.G., Shephard, G.S. Sydenham, E.W. Marasas, W.F.O., Nelson, P.E., Wilson, T.M., 1991b. Levels of fumonisins B₁ and B₂ in feeds associated with confirmed cases of equine leukoencephalomalacia. *J. Agric. Food Chem.*, 39: 109-111.

Turner, P.C., Nikiema, P., Wild, C.P., 1999. Fumonisin contamination of food: Progress in development of biomarkers to better assess human health risk. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 443 (1-2): 81-93.

Velluti, A., Marin, S., Sanchis, V., Ramos, A.J., 2001. Occurrence of fumonisin B₁ in Spanish corn based foods for animal and human consumption. *Food Science and Technology International*, 7 (5): 443-437.

Vesander, R., Peterson, R., Plattner, R., Weisleder, D., 1990. Fumonisin B₁: Isolation from corn culture and purification by high performance liquid chromatography. *Mycotoxin Res.*, 6: 85-88

Weidenbömer, M., 2001. Foods and fumonisins. *Eur. Food Res. Technol.*, 212: 262-273

White, D., 2000. Fumonisin: A serious threat to corn markets. <http://agronomyday.cropsci.uiuc.edu/2000/fumonisin/index.html>.

Yiannikouris, A., Jouany, J. P., 2002. Mycotoxins in feeds and their fate in animals: a review. *Animal Res.*, 51 (2): 81-99

Yoshizawa, T., Yamashita, A., Luo, Y., 1994. Fumonisin occurrence in corn from high-and low-risk areas for human esophageal cancer in China. *Appl. Environ. Microbiol.*, 60 (5): 1626-1629.