

## GIDALARDA OLUŞAN FUMONİSİNLER, KİMYASAL YAPILARI VE ÜRETİCİSİ FUNGUSLAR

### OCCURENCE OF FUMONISINS IN FOODS, THEIR CHEMICAL COMPOSITIONS AND PRODUCING FUNGI

Kudret ERZURUM

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Ankara

**ÖZET:** Fumonisinler, *Fusarium* mikotoksinleri içerisinde yer alan önemli bir grup olup, özellikle *Fusarium moniliforme* tarafından üretilmektedir. Ancak diğer bazı *Fusarium* türlerinin de bu mikotoksin grubunu ürettiği bilinmektedir. Şimdiye kadar 12 fumonisin yapısı belirlenmiştir. Bunlardan en yaygın ve en toksik olanı fumonisin B<sub>1</sub> 'dir. Bu metabolit başlıca mısır ve mısır ürünlerinde oluşmaktadır.

Bu derlemede, yeni bir mikotoksin grubu olan ve bazı *Fusarium* türleri tarafından üretilen fumonisinlerin gıdalarda oluşumu, kimyasal yapıları ve bu metabolit grubunu üreten *Fusarium* türleri konusunda yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

**ABSTRACT:** Important group of *Fusarium* mycotoxins are the fumonisins, produced primarily by *Fusarium moniliforme*; however some of the other *Fusarium* species are also known to produce these toxins. To date twelve fumonisin structures have been identified. Twelve fumonisins are known of which fumonisin B<sub>1</sub> is the most common and most toxic. It mainly occurs on maize and maize products.

In this review, studies of the occurrence of fumonisins which are belong to a new mycotoxin group and produced by some *Fusarium* species in foods, their chemical structures and the *Fusarium* species producing these metabolic products were summarized.

### GİRİŞ

Gıda maddelerine, üretimin başlangıcından tüketimine kadar, şartların elverdiği oranda birçok patojen ve saprofit karakterde funguslar arız olmaktadır. Bu funguslar üründe kalite ve kantite yönünden kayıplara sebep oldukları gibi, oluşturdukları toksinlerle de insan ve hayvan sağlığı yönünden önemli tehlikeleri de yanında getirmektedir.

Mikotoksinler, bazı fungus türleri tarafından üretilen, alındıkları zaman insan ve hayvanlarda akut ve kronik karakterde mikotoksikozislere neden olan toksik metabolitlerdir. Bu toksik maddeler, fungusun üzerinde veya içinde üredikleri substratlara girerler ve yayılırlar. Mikotoksikozis, toksin içeren çeşitli gıda maddelerinin sindirim sistemi yoluyla vücuda girdikten sonra toksinin türü, miktarı, alınan gün veya alınma sayısı, hayvanın yaşı, cinsiyeti ve türü, çevresel koşullara bağlı olmak üzere, açık veya gizli bir tablo ile ortaya çıkar. Birkaç kez ve çok fazla miktarda alınan mikotoksinler, genellikle akut mikotoksikozislere neden olur. Mikotoksikozis olguları genellikle kronik bir klinik tablo gösterirler (ERZURUM 1996) .

Günümüzde 350 fungus türünün 300'den fazla mikotoksin ürettiği bilinmektedir. Çeşitli mikotoksikozislere neden olduğundan şüphe duyulan ve henüz tamamen tanımlanamayan toksinler de bulunmaktadır. Mikotoksin oluşturan fungusların başlıcaları; *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* cinsleri içerisinde yer almaktadır.

*Fusarium* cinsi oldukça fazla türe sahip olan bir fungus cinsidir. Türlerinin çoğu, bitkilerde parazit olarak bulunmaktadır, aynı zamanda saprofit olarak yaşayan türleri de mevcuttur. *Fusarium* cinsi içinde yer alan türler çok sayıda bitkide vasküler solgunluklar, kök gövde ve başak çürüklüklerinin yanı sıra depo çürüklüklerine yol açarak önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bunun yanında çok sayıda *Fusarium* türü, bitki ve hayvanlarda farklı fizyolojik ve kimyasal tepkilere neden olan bir dizi sekonder metabolit üretmektedir. *Fusarium* türlerinin Zearalenone, Trichothecene, Moniliformin ürettiği bilinmektedir. Son zamanlarda mutajenik

özellikleri veya kanser teşvik edici aktivitesi ile yeni *Fusarium* metabolitleri tanımlanmıştır. Bunlardan Fusarin-C mutajenik bir *Fusarium* metabolitidir, doğal mikotoksikozlardaki rolü daha belirlenmemiştir (LOGRIECO ve ark. 1990).

Son zamanlarda tanımlanmış olan diğer bir sekonder metabolit gurubu ise, özellikle *Fusarium moniliforme* 'nin bazı izolatları tarafından üretilen ve kanserojenik etkiye sahip olan fumonisinler'dir (NELSON ve ark. 1993 ).

Bu derlemede, fumonisinlerin keşfi, kimyasal yapıları ve gıdalardaki doğal oluşumları hakkında yapılan çalışmalar özetlenmeye çalışılmıştır.

## FUMONİSİNLERİN KEŞFİ

Fumonisinlerin başlıca üreticisi olan *F. moniliforme*, mısır gibi insan ve hayvanların temel besin maddeleri ile birlikte bulunan en yaygın *Fusarium* türüdür. 1904 yılında tanımlanmasından itibaren insan ve hayvan hastalıkları ile ilgisi olduğundan şüphelenilmiştir. 1900'lü yılların başlarında İngiltere'de küflü mısırların yenmesiyle birlikte yaygın hayvan hastalıkları meydana gelmiştir. Sığır ve atların tırnaklarının döküldüğü, piliçlerin tüylerini kaybettiği, bazı hayvanlarda katılma görüldüğü ve yüksek oranda etkilenmiş hayvanların öldüğü bildirilmiştir. Bu hayvanların yediği küflü mısırlarda en yaygın fungusun *F. moniliforme* olduğu tespit edilmiş ve Peters tarafından 1904 yılında "küflü mısır toksikozisi" hastalığının nedeni olarak gösterilmiştir. Daha sonraları fungusun dünyanın bazı bölgelerinde yüksek oranda insan özefagus kanseri ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Bu fungusun seçilmiş izolatları mısır üzerinde geliştirilip farelere verildiğinde, karaciğer kanserine neden olmuştur. 1988 yılına kadar toksin veya toksinlerin bu hastalıklardan sorumlu olduğu bilinmiyordu. 1988 yılında fumonisinler yeni bir mikotoksin sınıfı olarak Güney Afrika' lı araştırmacılar tarafından tespit edilmiş, *F. moniliforme*'nin mısır kültürlerinden saflaştırılarak kimyasal yapıları belirlenmiştir. Bu metabolitin atlarda leukoencephalomalacia' ya, domuzlarda akciğer ödemine ve farelerde karaciğer kanserine neden olduğu belirlenmiştir. Her ne kadar fumonisin'ler üzerine yapılan çalışmalar *F. moniliforme* 'nin ürettiği materyal üzerine yapılsa da bunu izleyen çalışmalar diğer bazı *Fusarium* türlerinin de büyük miktarlarda fumonisin üretebildiğini göstermiştir (NELSON ve ark. 1993).

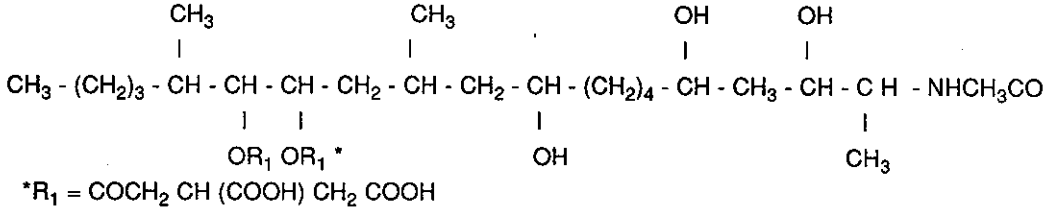
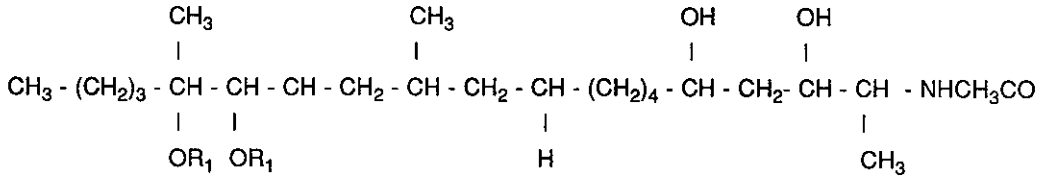
Şu ana kadar fumonisin ürettiği bilinen *Fusarium* türleri; *Fusarium moniliforme*, *F. proliferatum*, *F. nygamai*, *F. anthophilum*, *F. oxysporum*, *F. verticillioides*, *F. dlamini* ve *F. globosum*' dur (MARASAS ve ark. 1981, THIEL ve ark. 1991, NELSON ve ark. 1993, SEO ve ark. 1996, SYDENHAM ve ark. 1997).

Şu anda mevcut 12 fumonisin türevidir. Bunlar ; Fumonisin A<sub>1</sub> (FA<sub>1</sub>), Fumonisin A<sub>2</sub> (FA<sub>2</sub>), Fumonisin B<sub>1</sub> (FB<sub>1</sub>), Fumonisin B<sub>2</sub> (FB<sub>2</sub>), Fumonisin B<sub>3</sub> (FB<sub>3</sub>), Fumonisin B<sub>4</sub> (FB<sub>4</sub>), iso-Fumonisin B<sub>1</sub> (iso- FB<sub>1</sub>), Fumonisin C<sub>1</sub> (FC<sub>1</sub>), Fumonisin C<sub>3</sub> (FC<sub>3</sub>), Fumonisin C<sub>4</sub> (FC<sub>4</sub>), Hidroksilli Fumonisin C<sub>1</sub>, Fumonisin AK<sub>1</sub> (FAK<sub>1</sub>)'dir (SYDENHAM ve ark. 1991, 1997, TIEL ve ark. 1991, NELSON ve ark. 1993, SEO ve ark. 1996, MUSSER ve PLATTNER 1997).

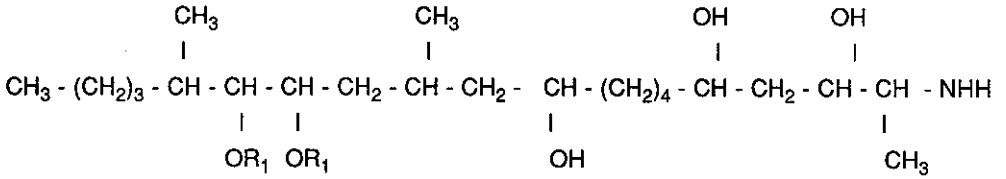
## FUMONİSİNLERİN KİMYASAL YAPISI

Fumonisinler, bitişik karbonlara hidroksillerle esterleşmiş yarım iki propan trikarboksilik asit bağlanmasıyla oluşan uzun zincirli polihidroksil aminlerdir. Fumonisinlerdeki en önemli grup amin grubu olup, trikarboksilik asit ve hidroksil grupları yanında alifatik grup yapının temelini oluşturmaktadır. Fumonisinler 19. ve 20. karbonunda aminopolihidroksil alkil zincirinin propan 1.2.3 trikarboksilik asitle iki kez esterleşmesi sonucu oluşur (MUSSER ve PLATTNER 1997 ).

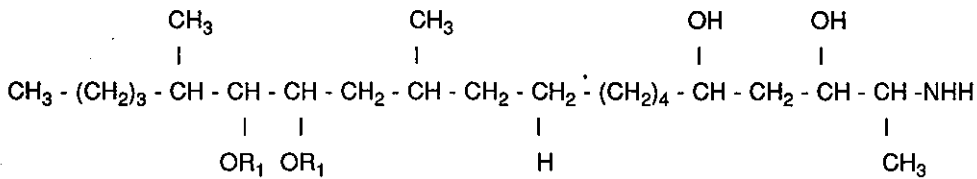
A serisi fumonisinlerin amin grupları asitleşmiş iken (Şekil 1, 2) , B serisi fumonisinler serbest amin grubu içermektedir. C serisi fumonisin yapısı FB<sub>1</sub> ve FB<sub>4</sub> yapılarına benzemekte ve birinci karbondaki terminal metil grubu kaybolmuştur. FAK<sub>1</sub>' in FB<sub>1</sub>' den farkı ise , bir trikarboksilik asitin fonksiyonel olarak on beşinci karbondaki keton ve amino gruplarının asitleşerek eicosane iskeletinde yer almasıdır (SEO ve ark. 1996).

Şekil 1. Fumonisin A<sub>1</sub>'in kimyasal yapısıŞekil 2. Fumonisin A<sub>2</sub>'nin kimyasal yapısı

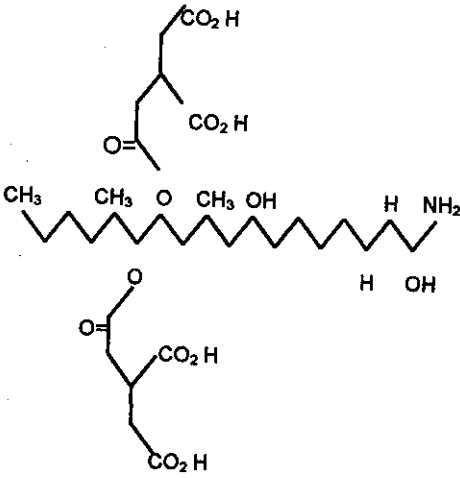
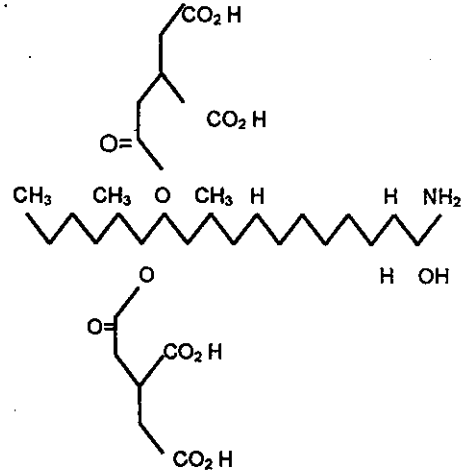
Mısır kültürlerinden izole edilen *F. moniliforme* (MRC 826)'nın ürettiği FB<sub>1</sub> (Şekil 3) kısımlarına ayrıldığıında; propan diester, 1.2.3 trikarboksilik asit ve 2-amino 12.16 dimetil, 3.5.10.14.15 pentadihidroksikosan, terminal asit grubu asitleşip on dördüncü ve on beşinci hidroksil gruplarının da esterleştiği görülmektedir (NELSON ve ark. 1993).

Şekil 3. Fumonisin B<sub>1</sub>'in kimyasal yapısı

FB<sub>2</sub> ve FB<sub>3</sub> homolog olup iskeletlerinde serbest hidroksil grubu içermezler. FB<sub>2</sub>'nin (Şekil 4) onuncu karbonunda, FB<sub>3</sub>'ünde (Şekil 5) beşinci karbonunda hidroksil grubu eksiktir. FB<sub>4</sub>'ün ise beşinci ve onuncu karbonunda hidroksil grubu eksiktir (Şekil 6). FB<sub>1</sub>, FB<sub>2</sub>, FB<sub>3</sub> ün monoester analogları on dördüncü ve on beşinci karbonunda serbest hidroksil grubu yerine ester grubu içerip, hidrolize olmuş fumonisinlerin arasına sokulurlar (NELSON ve ark. 1993).

Şekil 4. Fumonisin B<sub>2</sub>'nin kimyasal yapısı



Şekil 9. Fumonisin C<sub>3</sub>' ün kimyasal yapısıŞekil 10. Hidroksilli C<sub>4</sub> 'ün kimyasal yapısı

### FUMONİSİNLERİN GIDALARDAKİ DOĞAL OLUŞUMLARI

Fumonisinler son yıllarda Amerika ve Güney Afrika'nın bazı bölgelerinde gerçekleştirilen surveyler sonucu saptanmıştır. Iowa'da 1988-1991 yılları arasında yapılan surveylerde rasgele 175 mısır örneği seçilmiş ve ortalama FB<sub>1</sub> konsantrasyonu 0 ile 38 µg olarak bulunmuştur. 1985-1989 yılları arasında Transkei bölgesinde iyi kaliteli mısırlardan alınan 38 örneğe oranla, Iowa bölgesinden alınan örneklerdeki Fumonisin miktarı daha düşük bulunmuştur (NELSON ve ark. 1993).

Afrika'nın Transkei bölgesinde mısırdan izole edilen *F. globosum*' un her izolatu 5 ile 325 µg arasında FB<sub>1</sub> üretmekteyken, 15 izolat 1-4 µg FB<sub>2</sub> ve 3 izolat da 4-24 µg arasında FB<sub>3</sub>, ayrıca birçok *F. globosum* izolatu 2 fumonisin benzeri bileşik oluşturup bunların FB<sub>1</sub>, FB<sub>2</sub> ve FB<sub>3</sub>' ün izomerleri olduğu tahmin edilmektedir (SYDENHAM ve ark. 1997).

Mısır ve mısırlı gıdalardan izole edilen 40 toksik *Fusarium* izolatu'nun fumonisin üretme yetenekleri ölçülmüştür. Buna göre *F. moniliforme*' nin test edilen tüm izolatlarının FB<sub>1</sub> ürettiğini, bir izolatu'nun FB<sub>2</sub> ürettiğini, *F. nygamai*' nin ise bir izolatu'nun FB<sub>1</sub> ve FB<sub>2</sub> ürettiğini, *F. proliferatum*' un tüm izolatlarının FB<sub>1</sub> ve FB<sub>2</sub> ürettiği saptanmıştır (THIEL ve ark. 1991) (Çizelge 1).

Mısır ve mısırlı ürünlerdeki B serisi fumonisinlerin belirlenmesi amacıyla yapılan surveylerde, hemen hemen tüm örneklerde düşük oranlarda (<1 ppm) fumonisin bulunmuştur. Parçalanmış mısır ekstraktlarının analizi sonucu *F. moniliforme*' nin 8 izolatu, *F. proliferatum*' un 8 izolatu, *F. nygamai*' nin 6 izolatu'nun düşük oranlarda FB<sub>1</sub> ürettikleri saptanmıştır. Pek çok kültür birkaç yüz ppm FB<sub>1</sub> üretmekteyken 5 kültür 100 ppm 'den düşük FB<sub>1</sub> üretmiştir. A ve B serisi fumonisinlerin çok üretilmelerine karşın, FC<sub>1</sub> ve FAK<sub>1</sub> düşük seviyelerde (< % 10) üretilmektedir (MUSSER ve PLATTNER 1997).

Muzdan izole edilen 66 *Fusarium* türü otoklav edilmiş

Çizelge 1. Fumonisin Üreten *Fusarium* Türleri (THIEL ve ark. 1991)

İzolat No	<i>Fusarium</i> türleri	Elde edildiği bölge	Elde edildiği kaynak	FB <sub>1</sub> konsantrasyonu (µg/g)	FB <sub>2</sub> konsantrasyonu (µg/g)
826	<i>F. moniliforme</i>	Transkei	Mısır	7.100	3.000
1065	<i>F. moniliforme</i>	Transkei	Mısır	85	10
4315	<i>F. moniliforme</i>	Transkei	Mısır	2.645	325
4317	<i>F. moniliforme</i>	Transkei	Mısır	205	40
4318	<i>F. moniliforme</i>	Transkei	Mısır	105	-
4319	<i>F. moniliforme</i>	Transkei	Mısır	180	49
4321	<i>F. moniliforme</i>	Transkei	Mısır	1.330	140
2059	<i>F. proliferatum</i>	G. Afrika	Sorgum	20	160
2301	<i>F. proliferatum</i>	Amerika	Mısır	870	450
2302	<i>F. proliferatum</i>	Amerika	Mısır	290	65
2383	<i>F. proliferatum</i>	Sierre Leone	Mısır	660	200
4003	<i>F. nygamai</i>	G. Afrika	Toprak	605	530

mısır tanelerinde yetiştirilmiştir. *Artemia salina* larvalarına toksisitesi çalışılmış, *F. moniliforme*' nin FB<sub>1</sub> üretimi yüksek bulunmuştur. Sonuçlar karşılaştırıldığında muzda orta seviyede toksin üretildiği saptanmıştır. 3 *F. moniliforme* izolatının *Artemia salina* larvalarına yüksek öldürücü dozda olduğu saptanmış, ayrıca bu izolatlarda yüksek oranlarda FB<sub>1</sub> ve FB<sub>2</sub> üretimi gerçekleşmiştir. *F. proliferatum* 'un FB<sub>1</sub> ve FB<sub>2</sub> ürettiği saptanmıştır (JIMENEZ ve ark. 1997) (Çizelge 2).

Polonya 'da 1992-1995 yılları arasında benzer olgunlukta ve *Fusarium* başak çürüklüğüne hassas mısır hibritleri *F. moniliforme* ile inokule edilmiş, çevresel şartlar da *Fusarium* başak çürüklüğünün gelişmesine katkıda bulunmuştur. *Fusarium* zararına uğrayan tanelerde 5.1 mg/kg ile 196 mg/kg arasında FB<sub>1</sub> ve 1.4 mg/kg ile 62 mg/kg

Çizelge 2. Muzdan İzole Edilen *Fusarium* Türlerinin Fumonisin Üretme Oranları (JIMENEZ ve ark. 1996)

Fumonisin üreten <i>Fusarium</i> türü	Test edilen izolat Sayısı	Fumonisin üreten İzolat sayısı	(µg/g)
<i>F. moniliforme</i>	6	8	2.150-50 FB1 150-320 FB2
<i>F. proliferatum</i>	9	6	2.900-40 FB1 316 FB2

oranında FB<sub>2</sub> tespit edilmiştir. 28 tane *Fusarium* zararına uğramış mısır tanesinin analizi sonucu yalnızca 2 örneğin düşük seviyede (< 10 mg/kg) FB<sub>1</sub> ve FB<sub>2</sub> içerdiği saptanmıştır. İnokule edilmiş örneklerdeki FB<sub>3</sub> miktarı ise %30 civarında bulunmuştur. Tüm örnekler test edilmiş, FB<sub>2</sub>' nin FB<sub>3</sub> 'e oranı 0.13 mg/kg ile 0.43 mg/kg arasında bulunmuştur. Ayrıca inokule edilmeyen kontrol örneklerindeki FB<sub>1</sub> miktarı 0.004 mg/kg oranında tespit edilmiş, FB<sub>2</sub> ise bulunmamıştır (PASCALE ve ark. 1997).

Amerika 'da mısırdan yapılan insan gıdalarındaki fumonisin miktarlarının tespit edilmesi amacıyla , özefagus kanser riski bulunan bölgelerden gıda örnekleri alınmıştır. Bu çalışmaya göre en yüksek fumonisin oluşumu 2 mısır örneğinde bulunmuş, 2380 ng/g FB<sub>1</sub> ve 595 ng/g FB<sub>2</sub> tespit edilmiştir. 16 mısır unundan alınan örneklerde 1048 ng/g FB<sub>1</sub> ve 298 ng/g FB<sub>2</sub> , 10 mısır unundan alınan örneklerde ise 601 ng/g FB<sub>1</sub> ,375 ng/g FB<sub>2</sub> bulunmuştur. Tüm örnekler analiz edildiğinde 7/7 oranında FB<sub>1</sub> ve 6/7 oranında FB<sub>2</sub> tespit edilmiştir (SYDENHAM ve ark. 1991).

Güney Afrika'da *F. moniliforme* ile bulaşık insan gıdalarından fumonisin tayinleri yapılmıştır. Ekstraksiyon cetvellerine göre 1 kg mısırdan yaklaşık 2 gr FB<sub>1</sub> ayrılmış iken, FB<sub>2</sub> miktarı ise 10 kat daha az olmuştur (GELDERBLOM ve ark. 1998).

*Bacillus thuringiensis*'den alınan CryIA ve diğer Cry proteinleri mısır bitkilerine genetik olarak aktarılmıştır. Bu proteinler *Ostrinia nubilalis* ve diğer böcek türlerine toksiktir. *Fumonisin* üreten *Fusarium verticillioides* ve *Fusarium proliferatum* türleri tarafından mısır taneleri enfekte edildikten sonra *Ostrinia nubilalis* larvalarına yedirilmiştir. 1995 ve 1997 yılları arasında yapılan tarla denemelerinde transgenic, near- isogenic ve nontransgenic mısır hibritleri *Ostrinia nubilalis* larvalarına istila ettirilmiştir. İstiladan sonra *Fusarium* başak çürüklüğünün şiddeti ve fumonisin konsantrasyonlarında artış olmuştur. Transgenic hibritlerdeki mısırlar CryIA proteini içerdiği için daha az böcek zararı olmakta ve nontransgenic hibritlere göre daha az *Fusarium* başak çürüklüğü görülmektedir. Düşünülen toplam fumonisin konsantrasyonu nontransgenic hibritlerde 16.5 µg transgenic hibritlerde ise 2.1 µg 'dır. Mısır bitkilerinin erken dönemlerinde nontransgenic hibritlerde yüksek fumonisin konsantrasyonu *Ostrinia nubilalis* popülasyonu ile ilişkilidir. Bu çalışma ile, hibrit çeşitlerinde cry genlerinin bulunmasının ve böcek istila uygulamalarının, fumonisin B<sub>1</sub> ve toplam fumonisin konsantrasyonunu etkilediği sonucuna varılmıştır (MUNKVOLD ve ark. 1999).

*Fusarium proliferatum* ' un sıvı kültürlerinden FB<sub>1</sub> saflaştırma çalışmalarında, *Fusarium proliferatum* 5991 nolu izolatının başlıca fumonisin üreten izolat olduğu ve bu izolatın sıvı kültürlerde ürettiği FB<sub>1</sub> oranının %90'dan fazla olduğu bildirilmiştir ( FADL- ALLAH ve ark. 1997 ).

Nelson ve arkadaşları *Fusarium moniliforme* 'nin FB<sub>1</sub> üreten izolatlarını çeşitli bölgelerde test etmiştir. Bu izolatlar, Amerika, Kanada, Avustralya, Nijerya, Zimbawe 'den mısır tanesi, mısır püskülü, sorgum, darı,

şeker kamışı, toprak ve kanserli hastalardan alınmıştır. 50 µg 'dan düşük oranda FB<sub>1</sub> üreten izolatlar orta seviyede FB<sub>1</sub> üreten izolatlar , 50 ile 500 µg FB<sub>1</sub> üreten izolatlar orta seviyede FB<sub>1</sub> üreten , 500 µg 'dan fazla FB<sub>1</sub> üreten izolatlar ise yüksek seviyede fumonisin üreten izolatlar olarak isimlendirilmiştir. Mısır izolatlarından yalnızca bir tanesinin yüksek oranda fumonisin ürettiği, kümes hayvanlarına yedirilen iyi kaliteli mısırlarda yüksek oranda fumonisin bulunduğu ve mısır püsküllerinden elde edilen izolatların da fumonisin ürettiği belirlenmiş, ayrıca sorgum, şeker kamışı ve topraktan elde edilen izolatların fumonisin üretmediği, bunun yanında insanlardan alınan pek çok izolatin yüksek oranda fumonisin ürettiği saptanmıştır (NELSON ve ark. 1993 ).

Kore 'de karanfıl bitkisinden izole edilen *Fusarium oxysporum* buğdaylar üzerine verilmiş ve fumonisin oluşumu gözlenmiştir. Bu çalışmaya göre buğdaydan fumonisin C<sub>1</sub> ,fumonisin C<sub>4</sub> ve iki tane de yeni *Fusarium* türü olan fumonisin C<sub>3</sub> ve hidroksilli fumonisin C<sub>1</sub> 'in *Fusarium oxysporum* tarafından üretildiği saptanmıştır (SEO ve ark. 1996 ).

*Giberella fujikuroi* 'nin A ve F olmak üzere iki farklı cinsel uyumlu populasyonları vardır. Mısırdaki A dominant iken sorgumda F dominant olarak bulunmuştur. Leslie ve arkadaşları, *Gibberella fujikuroi* 'yi Kansas' da mısır ve sorgumdan izole etmiş, eşleşme populasyonlarını ve eşleşebilme kabiliyetlerini test izolatlarıyla ölçmüşlerdir. A populasyonunda ortalama fumonisin B miktarı 1.786 µg/g, F populasyonunda ise 7.5 µg/g FB olarak bulunmuştur (NELSON ve ark. 1993).

## KAYNAKLAR

- ERZURUM, K., 1996. İnsan ve Hayvanlara Toksik Fungus Metabolitleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın No:1460, Derleme No: 65. 31s.
- FADL-ALLAH, E., STACK, M., GOTH, R., BEAN, R. 1997. Production of fumonisins B1 , B2 and B3 by *Fusarium proliferatum* isolated from rye grains . *Mycotoxins Research*. 13: 1, 43-48 (Abstract).
- GELDERBLOM, W. C. A., JASKIEWICZ, K., MARASAS, W.F.O., THIEL, P. G., HORAK, R. M., VLEGGAR, R. and KRIEK, N. P. J., 1998. Fumonisins-Novel Mycotoxins with Cancer-Promoting Activity Produced by *F. moniliforme*. *Applied And Environmental Microbiology*. July 180-1811.
- JIMENEZ, M., HUERTA, T., and MATEO, R. 1997. Mycotoxin Production by *Fusarium* Species Isolated from Bananas. *Applied And Environmental Microbiology*, February. 364-369.
- LOGRIECO, A., BOTTALICO, A., and RICCI, V. 1990. Occurrence of *Fusarium* species and their mycotoxins in cereal grains from some mediterranean countries. *Phytopath. Medit.*, 29:81-89.
- MACKENZIE, S. E., SAVARD, M. E., BLACKWELL, B. A., MILLER, J. D., ASPSIMON, J. W. 1998. Isolation of a new fumonisin from *F. moniliforme* grown in liquid cultures. *Journal of Natural Products* 61: 3 , 367-369 . (Abstract )
- MARASAS, W. H. O., WEHNER, F. C., RENSBURG, S. J. AND SCHALKWYK, S. 1981. Mycoflora of Corn Produced in Human Esophagal Cancer Areas in Trankei, Southern Afrika. *Phytopathology* 71:792 – 796.
- MUNKVOLD, G. P., HELMICH, R. L and RICE, L. G. 1999. Comparison of fumonisin concentration in kernels of transgenic Bt maize hybrids and nontransgenic hybrids. *Plant Dis*. 83:130 -138.
- MUSSER, S. M., AND PLATTNER, O. R., 1997. Fumonisin Composition in Cultures of *Fusarium moniliforme*, *Fusarium proliferatum* and *Fusarium nygamai*. *J.Agric. Food Chem*. 45: 4, 1169 -1173.
- NELSON, P. E., DESJARDINS, A. E., and PLATTNER, R. D. 1993. Fumonisins, Mycotoxins Produced by *Fusarium* species; Biology, Chemistry, and Significance. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 311: 233–252.
- PASCALE, M., VISKONTI, A., PRONZCUK, M., WISNIEWSKA, H., and CHELKOWSKI, J. 1997. Accumulation of Fumonisins in Maize Hybrids Inoculated under Field Conditions with *F. moniliforme* Sheldon. *J. Sci. Food Agric*. 74 : 1-6.
- SEO, J. A., KIM, J. C., and LEE, Y. W. 1996. Isolation and Characterization of Two New Type C Fumonisins Produced by *F. oxysporum*. *Journal of Natural Products* V: 59 No:11 November 1003-1005.
- SYDENHAM, E. W., SHEPHARD, G. S., THIEL, G. P., MARASAS, W. F. O., and STOCKENSTRÖM, S. 1991. Fumonisins Contamination of Commercial Corn-Based Human Foodstuffs. 39 : 2014 - 2018.
- SYDENHAM, E. W., SHEPHARD, G. S., STOCKENSTRÖM, S., RHEEDER, J. P., MARASAS, W. F. O., and MERWE, M. J. 1997. Production of Fumonisin B Analogues and Related Compounds by *F. globosum*, a Newly Described Species from Corn. *J. Agric. Food Chem*. 45 : 4004-4010.
- THIEL, P. G., MARASAS, W. F. A., and NIEUWENHUIS, J. J. 1991. Survey of Fumonisin Production by *Fusarium* species. *Applied And Environmental Microbiology* , April . 1089-1093.