

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**İSTANBUL'DA SATIŞA SUNULAN MISIR BAZLI
GIDALARDA FUMONİSİN ARANMASI**

AYŞE ÖZNUR (OCAK) DEMİR

**DANIŞMAN
PROF. DR. KAMİL BOSTAN**

**BESİN HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI /
BESİN HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ PROGRAMI**

İSTANBUL-2010

TEZ ONAYI

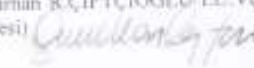
Aşağıda tanıtımı yapılan tez, jüri tarafından başarılı bulunarak Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

13 / 07 / 2010


Prof. Dr. Tamer DEMİRALP
Müdür

Kurum : İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Program Adı : Besin/Gıda Hijyeni ve Teknolojisi
Programın seviyesi : Yüksek Lisans ☒ Doktora ☐
Anabilim Dalı : Besin Hijyeni ve Teknolojisi
Tez Sahibi : Ayşe Özner OCAK
Tez Başlığı : İstanbul'da Satışa Sunulan Mısır Bazlı Gıdalarda Fumonisin Aranması
Sınav Yeri : İ.U. Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi ABD
Sınav Tarihi : 09 / 07 / 2010

Tez Sınav Jürisi

- Unvanı Adı Soyadı (Üniversitesi, Fakültesi, Anabilim Dalı) İmzası
1. Prof. Dr. Özer ERGÜN İ.U. Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi ABD (Jüri Üyesi) 
 2. Prof. Dr. Muammer UĞUR İ.U. Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi ABD (Jüri Üyesi) 
 3. Prof. Dr. Kamel ROSTAN İ.U. Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi ABD (Danışman) 
 4. Prof. Dr. Murat YILDIRIM İ.U. Veteriner Fakültesi Farmakoloji ve Toksikoloji ABD (Jüri Üyesi) 
 5. Prof. Dr. Gürhan R. ÇİFTÇİOĞLU İ.U. Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi ABD (Jüri Üyesi) 

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmayla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Ayşe Öznur (OCAK) DEMİR

TEŞEKKÜR

Çalışmam süresince değerli görüşleri, katkıları ve anlayışından dolayı sayın hocam Prof. Dr. Kamil BOSTAN'a,

Fumonisin analizleri için test kitlerinin temininde yardımcı olan ve konu ile ilgili tecrübelerini paylaşıp sorularıma zaman ayıran sayın Zeynep ÖZDEMİR'e,

Her zaman olduğu gibi çalışmam süresince de maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, daima yanımda olan canlarım annem ile babama ve sevgili eşime teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI.....	HATA! YER İŞARETİ TANIMLANMAMIŞ.
BEYAN	İİİ
TEŞEKKÜR.....	İV
İÇİNDEKİLER	V
TABLolar LİSTESİ.....	Vİİ
ŞEKİLLER LİSTESİ	Vİİİ
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ.....	İX
ÖZET.....	X
ABSTRACT	Xİ
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Mısır ve Mısır Bazlı Ürünler	4
2.2. Mikotoksinler	8
2.2.1. Mikotoksinlerin Tanımı ve Mikotoksijenik Küfler	8
2.2.2. Mikotoksinlerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri.....	11
2.2.3. Mikotoksinlerin Kontrolü.....	13
2.2.3.1. Hasat Öncesi Kontrol	14
2.2.3.2. Hasat Dönemi Kontrolü.....	16
2.2.3.3. Hasat Sonrası Kontrol.....	16
2.3. Fumonisinler.....	17
2.3.1. Fumonisinlerin Oluşumu ve Kimyasal Yapısı	17
2.3.2. Fumonisinlerin Etki Mekanizması ve Toksik Etkileri	20
2.3.3. Gıda Maddelerinde Fumonisinler için Belirlenmiş Sınır Değerler	23
2.3.4. Çeşitli Gıda Maddelerindeki Fumonisin Varlığı.....	24
2.3.5. Fumonisinin Oluşumunun Önlenmesi ve Eliminasyonu.....	31
2.3.6. Fumonisin Tayininde Kullanılan Yöntemler.....	33
3. GEREÇ VE YÖNTEM	35
3.1. Gereç	35
3.1.1. Kimyasal Maddeler	35
3.1.2. Alet ve Malzemeler	35

3.2. Yöntem	35
3.2.1. Test Prensibi	35
3.2.2. Örnek Hazırlığı	36
3.2.3. Test Prosedürü	36
4. BULGULAR	38
5. TARTIŞMA	42
KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	60

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1: Ülkeler itibariyle Dünya Mısır Üretimi	5
Tablo 2.2: Türkiye’de yıllara göre mısır üretimi.	6
Tablo 2.3: Türkiye’de bazı tarla ürünleri toplam üretimi	7
Tablo 2.4: Türkiye’nin hububat ihracatı ve ithalatı.	7
Tablo 2.5: Gıdalarda bulunabilen önemli mikotoksinler ve üretici küf türleri.	10
Tablo 2.6: Önemli mikotoksinler, üreten küf türleri, etkileri ve bulundukları ürünler. ...	12
Tablo 2.7: Avrupa Birliği Komisyon kararı gereğince ile FB ₁ +FB ₂ maksimum düzeyleri	23
Tablo 2.8: TGK Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ (2008/26), fumonisin maksimum limitleri.....	24
Tablo 2.9: Dünyada Mısır Ve Mısır Bazlı Gıdalarda Fumonisin Varlığı İle İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar	27
Tablo 4.1: Mısır unu örneklerinde ELISA ile yapılan fumonisin analizi sonuçları.....	38
Tablo 4.2: Mısır gevreği örneklerinde ELISA ile yapılan fumonisin analizi sonuçları..	39
Tablo 4.3: Mısır konservesi örneklerinde ELISA ile yapılan fumonisin analizi sonuçları	40
Tablo 4.4: Mısır unu, mısır gevreği ve mısır konservesi örneklerinin karşılaştırmalı analiz sonuçları.....	41

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Mısır danesinin yapısı.	4
Şekil 2.2: Fumonisinlerin yapısı.	19
Şekil 2.3: Fumonisinlerin toksin mekanizması.	21
Şekil 3.1: Okuyucuda okunmaya hazır ELISA tabağı (microtiter plate).	37

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

- A_w: Su aktivitesi
- ELEM: Equine leukoencephalomalacia
- ELISA: Enzyme Linked Immuno-Sorbend Assay
- FAO: Food and Agriculture Organization
- FDA: Food and drug Administration
- HACCP: Hazard Analysis and Critical Control Point
- HPLC: High Performance Liquid Chromatography
- IARC: International Agency for Research on Cancer
- İGEME: İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi
- NOAEL: No Observed Advers Effect Level
- PPE: Porcine Pulmonary Edema
- SCF: The Scientific Committee on Food
- SCOOP: Scientific Co-operation
- TLC: Thin Layer Chromatography
- TMO: Toprak Mahsulleri Ofisi
- TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu

ÖZET

DEMİR (OCAK), A.Ö. (2010). İstanbul'da Satışa Sunulan Mısır Bazlı Gıdalarda Fumonisin Aranması. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi ABD. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.

Fumonisinler, başlıca *Fusarium moniliforme* (synonym *F. verticillioides*) olmak üzere çeşitli *Fusarium* türleri tarafından üretilen metabolitler olup, canlılar için yüksek derecede toksik etkilidirler. Fumonisinlerin karaciğer kanserine neden olabileceği bilinmektedir. Fumonisinlerin insanlarda kanserojen (Grup 2B) olduğu Uluslararası Kanser Araştırma Birliği (IARC) tarafından bildirilmiştir.

Tahıl ürünleri gibi küflenmeye ve mikotoksin oluşumuna yatkın olan taneli gıdalar günlük beslenmenin bir parçasıdır. Fumonisinler çoğunlukla mısırlarda bulunur. Ülkemizde özellikle bazı bölgelerde mısırın tüketimi yaygın olmakla beraber, değişen beslenme alışkanlıkları sebebiyle mısır bazlı gıdaların (mısır gevreği, mısır unu, vb.) da tüketimi artmaktadır. Bu çalışma, mısır ve mısır bazlı gıdaların fumonisin açısından halk sağlığı üzerine riskli olup olmadıklarını saptamak amacıyla yapılmıştır. İstanbul'daki çeşitli marketlerde satışa sunulan 25'er adet mısır konservesi, mısır unu ve mısır gevreğinde fumonisin varlığı ELISA (Enzyme Linked Immuno-Sorbent Assay) yöntemiyle test edilmiştir. Toplam 75 örneğin analiz sonuçları Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ'e göre değerlendirilmiştir. Buna göre 25 mısır unu örneğinin 6'sında fumonisin miktarının limit değer olan 2 mg/kg'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Mısır gevreği ve mısır konservesinde fumonisin miktarı açısından izin verilen değerleri aşan örneğe rastlanmamıştır. Fumonisin tespit edilen örnekler içerisinde ise en düşük düzeyin 0,257 mg/kg, en yüksek düzeyin ise 5,580 mg/kg olduğu saptanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, mısır gevreği ve mısır konservesinin fumonisin açısından riskli olmadığı, mısır unlarının ise potansiyel risk oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *F.moniliforme*, fumonisin, mısır, ELISA.

ABSTRACT

DEMİR (OCAK), A.Ö. (2010). Determination of Fumonisin in Corn-based Foods Provided From İstanbul Market. İstanbul University, Institute of Health Science, Food Hygiene and Technology Department. Master's Thesis. İstanbul.

Fumonisin are a group of fungal metabolites produced by several *Fusarium* species, mainly *Fusarium moniliforme* (synonym *F. verticillioides*), and highly toxic to living organisms are in effect. Fumonisin are known as liver carcinogen. Fumonisin have been classified as a human carcinogen (Group 2B) by The International Agency for Research on Cancer.

Grain foods such as cereals are prone to molding and the formation of mycotoxins, are a part of daily nutrition. Fumonisin are the most abundant in corn. In our country, especially in some regions, the consumption of maize is widespread, in addition the consumption of corn-based foods (corn flakes, corn flour, etc.) is also on the increase because of changing feeding habits. The aim of this study was to determine whether the risk of fumonisin on public health in corn and corn-based foods. 25 for each samples (canned sweet corn, corn flour and corn flakes) are provided from several markets in İstanbul. Fumonisin was detected using ELISA (Enzyme Linked Immuno-Sorbend Assay). In total 75 pieces of samples analyzed and the results of analyses evaluated according to Turkish Food Codex Communique on Maximum Limits of Contaminants in Foodstuffs. Fumonisin contamination were determined in 6 of 25 corn flour samples higher than 2000 µg/kg which is the maximum permitted level in communique. In corn flakes and canned sweet corns there is no sample which exceeded the permitted levels. Fumonisin content of positive samples ranged from 257 µg/kg to 5580 µg/kg. according to the findings in terms of fumonisin, corn flakes and canned sweet corns are not risky but the potential risk of corn flours has been concluded.

Key Words: *F.moniliforme*, fumonisin, corn, ELISA.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Tarım ürünlerinin çeşitliliği bakımından zengin, aynı zamanda bu ürünlerle işlenmiş gıdaların üretiminin, ihracatının ve ithalatının yoğun ve önemli olduğu ülkemizde bu ürünlerin yetiştirilmesi, işlenmesi, depolanması ve taşınması aşamalarında çeşitli kimyasal ve biyolojik kontaminasyonlar olabilmektedir. Küfler bu biyolojik kontaminasyonda ilk sırayı almaktadırlar.

Mikroorganizmalar içinde önemli bir grubu oluşturan küfler; toprak, hava, su gibi ortamlarda, ayrıca yaşayan bitki ve hayvanlarda hemen her yerde bulunabilmektedirler. Küfler sıklıkla, yağlı tohumlar, baklagiller, hububat gibi çeşitli tarımsal ürünlerin mikroflorasında yer almakta veya hasat, işleme ve depolama aşamalarında bu tür ürünlere bulaşabilmektedirler (Elden ve Tağı, 2001). Küflerle kontaminasyon ortam koşullarına, ürünün bileşimine ve su içeriğine bağlı olup, iki açıdan önemlidir. Yakın zamana kadar tarımsal ürünlerdeki küflerin varlığı yalnızca bozulmalar, ürünün besin değerindeki kayıplar, danelerin çimlenme kabiliyetindeki düşüşler nedeniyle ve özet olarak ekonomik açıdan önemli görülmüştür (Tunail, 2000). Ekonomik zararlara ilaveten, bu küflerden bazıları gıda maddesi üzerinde çoğalmaları sonucu “mikotoksin” adı verilen toksik ve kanserojenik metabolitleri oluşturmaktadırlar (Elden ve Tağı, 2001).

Küflerin ikincil metabolizmaları sonucu sentezlenen toksik maddelere genel olarak “mikotoksin” denilmektedir. Dünyada 100’ün üzerinde küf türü tarafından üretilen yaklaşık 400 kadar ikincil metabolitin toksik aktiviteye sahip olduğu ve dünyada yetiştirilen tarım ürünlerinin dörtte birinin mikotoksin içerdiği bildirilmektedir (Kabak ve Var, 2005). Tarımsal ürünlerde mikotoksin oluşumu, uygun koşullarda ürüne bağlı olmak üzere, hasattan tüketime kadar hemen her aşamada meydana gelebilmektedir. Mikotoksinler, gıda güvenliğinin sağlanması açısından kontrol altına alınması gereken önemli sorunlardan biridir. İnsan ve hayvan sağlığı açısından önemli olan fındık, Antep fıstığı, kuru incir, siyah zeytin, kırmızı toz ve pul biber gibi ihraç ürünlerinin yanında, süt ve süt ürünleri ve başta mısır olmak üzere diğer tahıl ürünleri mikotoksinlerle kontamine olabilmektedir (Oruç, 2005).

Mikotoksin oluşturan küflerin başlıcaları; *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Fusarium* cinsleri içerisinde yer almaktadır (Uğur ve ark., 2001). Bu küflerden, öncelikle çiftlik hayvanlarında oluşturdıkları sağlık riskleri nedeniyle incelenmeye başlanan *Fusarium* cinsi küflerden olan *Fusarium graminearum* ve *F. culmorum* tarafından üretilen trikotesenler (deoksinivalenol (DON) ve T-2 toksin), *F. graminearum* tarafından üretilen zearalenon ve

F.moniliforme tarafından üretilen fumonisinin insan sağlığı açısından da önemli oldukları kabul edilmiştir (Sonal ve Oruç, 2000).

Fumonisinler, canlılar için yüksek derecede toksik etkili, başlıca *Fusarium moniliforme* (synonym *F. verticillioides*) olmak üzere çeşitli *Fusarium* türleri tarafından üretilen bileşiklerdir ve Fumonisin A₁, A₂, B₁, B₂, B₃, B₄ olarak sınıflandırılır (Doğan ve Tuzcu, 2001; Sanchis ve ark., 1994; Wang ve ark., 2008). Bunlardan Fumonisin B₁ (FB₁)'in en toksik olduğu düşünülmektedir (Tunail, 2000). Fumonisinlerin insanlarda kanserojen olduğunu Uluslararası Kanser Araştırma Birliği (IARC) bildirmiştir (IARC, 1993).

Fumonisinler açısından riskli gıdalar mısır taneleri ve unu, mısır konservesi, mısır gevreği gibi mısır bazlı gıdalar ile pirinç ve bira olarak sıralanabilmektedir (Doğan ve Tuzcu, 2001; Quan ve ark., 2006).

Bu mikotoksinler, mısırların hasat zamanında, öncesi ve sonrasında *Fusarium* cinsi küflerle kontamine olmasından kaynaklanır. Daha sonra diğer gıdaları ve yemleri, bu mısır ve mısır ürünlerinin katılmasıyla kontamine ederler. *F.moniliforme*'nin domates ve pirinçte de üreyerek fumonisin sentezlediği saptanmıştır (Doğan ve Tuzcu, 2001).

Toksijenik küflerin gelişmesi ve toksin üretimi açısından en büyük risk uygun olarak kurutulmamış ürünlerin depolanması sırasında ortaya çıkar. Kurutulmuş üründe ise su sızıntısıyla veya yaygın olarak görülen nem yoğunlaşmasıyla küf gelişimi için uygun koşulların oluşması söz konusu olur. Ayrıca hasar görmüş tanelerin bulunması durumunda küfün tanenin içine girmesi ve gelişme şansı artar (Elden ve Tağı, 2001). Buna göre diğer mikotoksinlerde olduğu gibi fumonisinlerin de kontrolüne ilişkin önlemler iki ana başlıkta toplanmaktadır. Bunlardan birincisi, küf gelişimini ve dolayısıyla mikotoksin oluşumunu önlemek, ikincisi ise oluşan mikotoksinin inaktive edilmesini sağlamaktır (Erzurum, 2001).

Genel olarak mikotoksinin kontrolünde İyi Tarım Uygulamaları - İyi Üretim Uygulamaları ile HACCP şartlarının uygulanması ve genetik modifikasyon temel alınabilmektedir (Doko ve ark., 1995).

Küflerin gıda ve yemler ile bunların son ürünlerine kontamine olması halinde, gelişmiş ekonomiye sahip ülkelerde gıda zincirlerindeki bu ürünler hariç tutulur. Fakat gelişen ekonomiye sahip ülkelerin çoğunda, bu durum mümkün değildir ve özellikle tahıl ürünleri gibi küflenmeye ve mikotoksin oluşumuna yatkın taneli gıdalar çoğunlukla günlük beslenmenin bir parçasıdır. Ülkemizde özellikle bazı bölgelerde mısır tüketimi (taze mısır ve ekmek yapımında kullanılan mısır unu olarak) yaygın olmakla beraber, değişen beslenme alışkanlıkları sebebiyle mısır bazlı gıdaların (mısır konservesi, mısır gevreği, vb.) tüketimi de artmaktadır. Bununla birlikte, 17.05.2008 tarihli Resmi Gazete'de Türk Gıda Kodeksi Gıda

Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ (2008/26)'in yayınlanması ile birlikte fumonisin düzeyinin araştırılması önem taşımaktadır.

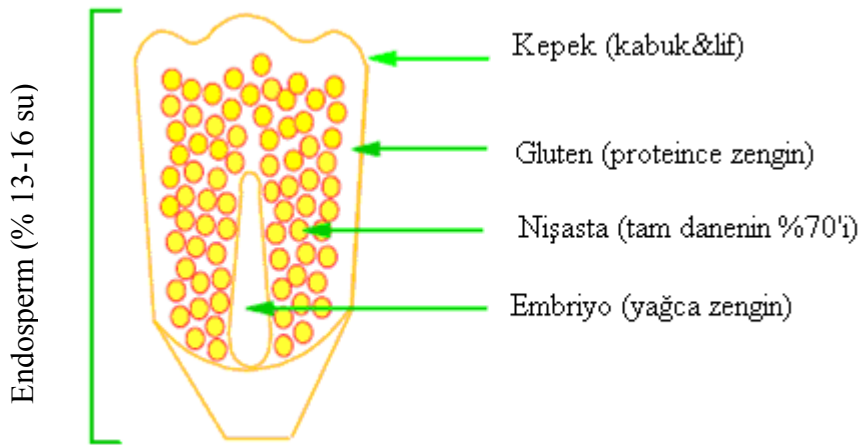
Bu çalışmanın amacı İstanbul'da marketlerde satışa sunulan bazı mısır bazlı gıdalarda toplam fumonisin varlığını araştırmak ve halk sağlığı açısından bir risk oluşturup oluşturmadığını değerlendirmektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Mısır ve Mısır Bazlı Ürünler

Türkiye’de insan beslenmesinde tahılların önemli bir yeri vardır. Bu sebeple tahıl ekim alanları oldukça geniş yer tutar (Şahin, 2001). Tahıllar bir yandan insan beslenmesinde diğer yandan hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Bir kısmı da sanayi hammaddesi olarak değerlendirilmektedir. Tahıllar içinde en fazla buğday ekilir. Buğdaydan sonra en geniş ekim alanı arpaya aittir. Ülkemizde arpa bitkisi genellikle hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Tahıllar içinde ekim alanı bakımından üçüncü sırayı ise mısır bitkisi (*Zea mays*) alır (Baysal, 1999; Şahin, 2001). 2007 yılı itibariyle ülkemizde hububat üretimine tahsis edilen alanlar 12,5 milyon hektar civarında olup, hububat ekiliş alanlarının %65,3’ünde buğday, %27,6’sında arpa, %4,2’sinde de mısır tarımı yapılmaktadır (İGEME, 2009).

Mısır, ılıman ve tropik bölgelerde tarımı yapılan genellikle çok nemli iklim bölgelerinde yetiştirilebilen, tek yıllık bir bitkidir (Şahin, 2001; Babaoğlu, 2005). Mısırın meyvesi, koçanı üstünde sıkışık biçimde dizilidir. Rengi açık ya da koyu sarı; esmer ya da kırmızımtırak renktedir. Mısırın %72-73’ü karbonhidrat (özellikle nişasta), % 13-16’ü su, %8-10’u protein, %5-7’i yağ, ve %1,1-2’si ise minerallerden oluşmaktadır (Schroeder, 1997; Baysal, 1999; Özcan, 2009). Mısır danesinin yapısı Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Mısır danesinin yapısı (Schroeder, 1997).

Mısır danesini dış etmenlerden koruyan en dış katman (kabuk veya kepek) dane ağırlığının yaklaşık %6’sını oluşturur. Danenin %11,5’ini oluşturan embriyo yağın önemli bir

kısmını bulundurmaktadır. Embriyonun yaklaşık %25'i yağ olup, mısır yağı doymamış yağ asitlerince zengindir. Embriyo aynı zamanda tohumun çimlenmesi için gerekli olan enzimleri, vitaminleri ve mineral maddeleri de içermektedir. Danenin geri kalan kısmını (%82,5) ise endosperm oluşturmaktadır. Endosperm çimlenen tohum için enerji (nişasta) ve protein kaynağıdır (Özcan, 2009). Mısır ayrıca karotenoid bileşiklerden lutein ve zeaksantin önemli kaynağıdır (Oliveira ve Rodriguez-Amaya, 2007).

Mısır bitkisinin ana vatanı hakkında çeşitli görüşler ileri sürülmektedir. Ancak birçok kaynakta bu bitkinin anayurdunun Amerika Kıtası olduğu belirtilmektedir (Kün, 1997). Mısırın dünyaya yayılması ise bu kıtanın keşfinden sonra olmuştur. Ülkemize ise ilk olarak 1600 yılında Kuzey Afrika yoluyla, Mısır ve Suriye üzerinden getirildiği belirtilmektedir (Elçi ve ark., 1987; Babaoğlu, 2005).

Dünya'da mısır yetiştiren ülkeler arasında ABD (Amerika Birleşik Devletleri) ilk sırayı alır. Çin, Brezilya, Arjantin ve Meksika da mısır üretiminde önde gelen ülkelerdir (Şahin, 2001). Öyle ki yıllara göre değişmekle birlikte dünya mısır üretiminin yaklaşık % 39'u ABD'de, % 21'i Çin'de gerçekleştirilmektedir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1: Ülkeler itibariyle Dünya Mısır Üretimi (Bin Ton) (TMO, 2008)

Ülkeler	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ABD	256.278	299.876	282.263	267.503	331.177	307.386
Çin	115.830	130.290	139.365	151.600	152.300	165.500
AB	47.896	66.471	60.668	53.829	47.666	61.357
Brezilya	42.000	35.000	41.700	51.000	58.600	50.500
Meksika	21.800	22.050	19.500	22.350	23.600	25.000
Arjantin	15.000	20.500	15.800	22.500	22.000	13.500
Hindistan	14.980	14.180	14.710	15.100	18.960	17.000
Diğerleri	113.415	126.259	124.658	127.609	136.605	146.209
Toplam	627.199	714.726	698.464	711.053	790.912	786.452

Ülkemizde mısır ekimi için iklim şartları bakımından en elverişli bölge Karadeniz Bölgesi'dir. Ancak bu bölgemizde başta çay, fındık ve tütün gibi daha fazla gelir getiren

kültür bitkilerinin yetiştirilmesi ve bölgenin topografik yapısı mısır ekim alanlarının daha fazla genişlemesine imkan vermemektedir. Ancak yine de ülkemiz mısır ekim alanlarının yaklaşık yarıya yakını bu bölgede bulunur. Karadeniz, Akdeniz ve Marmara bölgeleri ülkemiz mısır ekim alanlarının % 90,4'üne, mısır üretiminin ise 91,7'sine sahiptir (Şahin, 2001).

Türkiye'de mısır üretimi bakımından ise ilk sırayı Akdeniz Bölgesi alır. Bu bölgenin mısır üretiminde ilk sıraya geçmesi bölgede verimin biraz daha fazla olması yanında Karadeniz Bölgesi'ndeki mısırların bir kısmının yem olarak kullanılması ile açıklanabilir. Mısır üretimi bakımından ikinci sırayı Karadeniz Bölgesi alır. Marmara Bölgesi de ekim alanı bakımından olduğu gibi mısır üretiminde de üçüncü sıradadır (Şahin, 2001).

Ülkemizde yıllara göre mısır üretimi Tablo 2.2'de yer almaktadır. Mısır üretimindeki artışın en önemli nedenleri; yoğun üretim yapan bölgelerimizde hibrit tohum kullanımının yaygınlaşması ve üretim tekniklerindeki gelişmelerdir (TMO, 2008). Tablo 2.3'te ise 2005-2007 yılları arası tarla ürünleri toplam üretimi verileri yer almaktadır (TÜİK, 2008).

Tablo 2.2: Türkiye'de yıllara göre mısır üretimi (TÜİK, 2009).

Dönemi	Mısır Üretimi(Ton)
2009	4 250 000
2008	4 274 000
2007	3 535 000
2006	3 811 000
2005	4 200 000
2004	3 000 000
2003	2 800 000
2002	2 100 000
2001	2 200 000
2000	2 300 000
1999	2 297 000
1998	2 300 000
1997	2 080 000

Ülkemiz, üretim miktarında görülen artışların sonucu olarak 2006 yılında mısırdan uzun yıllardan sonra ilk kez net ihracatçı konumuna gelmiş olmakla beraber, 2007 yılında kuraklığın olumsuz yönde etkisiyle mısır ithalatımız yeniden artış göstermiştir (İGEME, 2009). Buna göre ülkemizin hububat ihracatı ve ithalatı verileri Tablo 2.4'te yer almaktadır.

Tablo 2.3: Türkiye’de bazı tarla ürünleri toplam üretimi (Ton) (TUİK, 2008)

Tarla ürünleri	2005	2006	2007
Buğday	21.500.000	20.010.000	17.234.000
Arpa	9.500.000	9.551.000	7.306.800
Mısır	4.200.000	3.811.000	3.535.000
Ayçiçeği	975.000	1.118.000	854.407

Tablo 2.4: Türkiye’nin hububat ihracatı ve ithalatı (Ton) (İGEME, 2009).

Ürünler	Faaliyet	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Buğday	İhracat	938	864	327.931	685.673	18.281	8.005
	İthalat	1.268.027	1.065.389	135.596	239.874	2.147.107	3.708.003
Arpa	İhracat	395.988	15	289.394	410.498	215.780	300
	İthalat	89.428	240.340	52.182	65.963	52.180	253.014
Mısır	İhracat	10.989	10.525	127.581	180.665	8.320	15.056
	İthalat	1.818.132	1.049.744	211.122	30.579	1.128.456	1.151.406

Mısırın çok sayıda kullanım alanı olup, bitkisinin her parçası ayrı bir ekonomik değere sahiptir. Günümüzde mısırın doğrudan veya dolaylı olarak üretimine katıldığı 4.000 civarında farklı ürün mevcuttur. Mısırın başlıca kullanım alanları; taze olarak tüketim (haşlama ve közleme), konserve, mısır unu (özellikle ekmek yapımında kullanım amacıyla), nişasta, mısır gevreği gibi yaygın olarak tüketilen bazı kahvaltılık gıdalar, cips, çerez, patlamış mısır (popcorn), yemeklik yağ (mısırözü yağı), şekerleme, çiklet, çikolata ürünleri, bebek mamaları, salata sosları, alkol ve yüksek früktozlu mısır şurubu gibi gıda sanayinin çeşitli ürünleridir. Bunun yanında; hayvan yemi, diş macunu, posta pulları ve zarflar için zambak, yapay kauçuk, etanol (benzine katkı maddesi olarak) üretiminde ve otomotiv sanayi, temizlik malzemeleri, tekstil ve kozmetik sanayinde mısırdan yararlanılmaktadır. Tahmini olarak dünya mısır

üretiminin %60'ı hayvan yemi, %20'si insan gıdası (doğrudan tüketim), %10'u işlenmiş gıda ve %10'u diğer tüketimler ile tohumluk olarak kullanılmaktadır (Özcan, 2009).

Hasat edilmiş tanedeki su miktarı, mikrobiyolojik bozulmalardan korunması açısından önemlidir. Bu sebeple uzun süreli depolanacak mısırın depolanmadan önce kurutulması gerekir. Kurutma havalandırma suretiyle (doğal olarak) yapılabilmeyle beraber bu yöntem pek kullanılmaz. Yaygın kurutma yöntemi ısıtılmış hava ile suni kurutmadır. Kurutma işlemi ile mısır tanesindeki rutubet oranının %13-14'e indirilmesi gerekir. Su miktarı %14'ün üzerine çıkınca, depoda (siloda) solunumdan dolayı sıcaklık artar, yığınlarda sıcaklık yükselmesi (kızışma) söz konusu olur, buna bağlı olarak çimlenme, küf ve bakterilerin çalışmalarını aktive eder. Mikroorganizma gelişimi ile de ürünün kalitesi düşer ve mikotoksinler oluşur (Gül ve Özçelik, 2000; Kırtok, 2008). Tarlada başlayan bu küf gelişimine ek olarak, kurutma ve depolama aşamalarında da küf kontaminasyonuna bağlı olarak mikotoksin oluşumu gözlenmektedir (Samapundo ve ark., 2007).

Mısırlarda en çok *Fusarium* (*Fusarium verticillioides*) ve *Aspergillus* (*Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus*) cinsi küflere rastlanmaktadır (Bittencourt ve ark., 2005; Samapundo ve ark., 2007). *Aspergillus* türleri aflatoksin B₁, B₂, G₁ ve G₂ oluştururken, *F. verticillioides* fumonisin B₁ (FB₁) üretir (Bittencourt ve ark., 2005; Oruç ve ark., 2006). Brezilya'da yapılan çalışmalarda mısırdaki aflatoksin seviyesi 2,5 – 7,5 µg/kg aralığında tespit edilirken (Bittencourt ve ark., 2005), FB₁ seviyesi 4,9 mg/kg'a kadar çıkmıştır (Machinski ve Valente, 2000).

2.2. Mikotoksinler

2.2.1. Mikotoksinlerin Tanımı ve Mikotoksijenik Küfler

Mikroorganizmalar içinde önemli bir grubu oluşturan küfler; toprak, hava, su gibi ortamlarda, ayrıca yaşayan bitki ve hayvanlarda hemen her yerde bulunabilmektedirler. Küfler sıklıkla, yağlı tohumlar, baklagiller, hububat gibi çeşitli tarımsal ürünlerin mikroflorasında yer almakta veya hasat, işleme ve depolama aşamalarında bu tür ürünlere bulaşabilmektedirler (Elden ve Tağı, 2001).

Sözcük kökeni olarak Yunanca "Mykes" mantar ve "toxicum" zehir veya toksin anlamına gelen kelimelerden oluşan mikotoksinler, küflerin salgıladığı ikincil metabolitler olup, insan ve hayvanlarda patolojik veya istenmeyen fizyolojik değişikliklere neden olurlar (Karagözlü ve Karapınar, 2000; Galvano ve ark., 2001; Beyoğlu, 2002; Overy ve ark., 2003; Bittencourt ve ark., 2005). Mikotoksinlerle kontamine olmuş gıda ve yem maddelerini tüketen

insan ve hayvanlarda meydana gelen zehirlenmelere “mikotoksikozis” denir (Erzurum, 2001; Uğur ve ark., 2001; Beyoğlu, 2002).

Tarımsal ürünlerin küflenmesinin ekonomik yönden yarattığı sorunlar yanında, 1960 yılından itibaren canlılarda meydana getirdiği hastalıklar nedeniyle de önemli olduğu anlaşılmıştır (Tunail, 2000). Küflenmiş yerfıstığı kırmayla yemlenen yaklaşık 100.000 hindi 1960’ta ölmüş, etkeni bilinmediği için hastalığa Hindi X (Turkey X) Hastalığı adı verilmiştir. Benzer rahatsızlıklar daha sonra diğer hayvanlarda da görülmüş ve sebep olarak hayvanların yemlenmesinde kullanılan küflü yer fıstığı küspesinden izole edilen *Aspergillus flavus* ve onun metaboliti olan toksin gösterilmiştir. Bu toksine, etkenin kökenini ifade etmek üzere “aflatoksin” adı verilmiştir (Tunail, 2000; Uğur ve ark., 2001).

1960 yılındaki bu tespitten sonra, mikotoksinler yoğun araştırılan bir konu olmuştur. Oysa küflerin insan ve hayvanlarda hastalık yaptıklarına, hatta toplu ölümlere yol açtıklarına ilişkin veriler eski tarihlere gider. Kayıtlara en fazla geçen küf zehirlenmesi *Claviceps purpurea* ile enfekte olmuş tahılların tüketilmesi sonucu görülen, ergotizm denilen mikotoksikozis olayıdır (Tunail, 2000; Murphy ve ark., 2006). *Penicillium* türlerinin pirinçler üzerinde toksin oluşturmalarına bağlı olarak, pirinçlerin tüketimi ile insan sağlığının bozulduğu 1890 yılından beri Japon patologlar tarafından bilinmekteydi. Pirinçlerde görülen bu toksisitenin tam olarak açıklanabilmesi de 1960’lı yıllara dayanmaktadır. Bugün *Penicillium islandicum* ve *P. citreoviride* gibi türlerin sarı pirinçler üzerinde luteosikrin ve sitrinin gibi mikotoksinleri oluşturdıkları; bu nedenle pirinçlerin zehirlenmeye neden oldukları bilinmektedir (Tunail, 2000). 1942-1944 yılları arasında Rusya’nın Orenburg bölgesinde binlerce insanın ölümü ile sonuçlanan olay “Alimentary Toxic Aleukia – ATA” (beslenmeye bağlı toksik etki ile kanda lökosit sayısının düşmesi sonucu oluşan lösemi) olarak tarihe geçmiştir. Bu büyük olayın da bir mikotoksikozis olduğu ve savaş nedeniyle zorunlu olarak tarlada kışlatılan tahıllardan kaynaklandığı da daha sonra anlaşılmıştır. Tahıllar üzerinde üreyen *Alternaria*, *Penicillium* ve özellikle *Fusarium* cinsi küflerin çeşitli türlerinin oluşturduğu mikotoksinlerin ölüme neden olduğu belirlenmiştir (Yagen ve Joffe, 1976; Tunail, 2000).

Mikotoksin oluşturan küflerin başlıcaları; *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Fusarium* cinsleri içerisinde yer almaktadır (Uğur ve ark., 2001). Bunlardan *Fusarium* cinsi tarla küfleri, *Penicillium* ve *Aspergillus* ise depo küfleri içinde yer almaktadır (Tunail, 2000).

Depo küfleri siloların yetersiz temizliği nedeniyle görülmektedir, ancak depo küflerinin danelere bulaşması hasat zamanında olur. Kontaminasyonda biçme yöntemi önemlidir. Biçerdöverle yapılan hasatta *Penicillium* türleri ile kontaminasyon, elle (orakla)

yapılan biçmeye oranla daha fazla olmaktadır. Biçerdöverlerin elevatörleri ve depo tanklarının içi depo küflerinin kontaminasyon kaynaklarıdır (Tunail, 2000).

Tarla küfleri ise hasattan önce olgun danelere bulaşırlar. Küflerin konidilerindeki sporlar rüzgar ve su ile danelere taşınır veya bitkinin enfekte olmuş kısımları danelerle temas eder. Kontamine danelerde, sporların vejetatif forma geçmesi ve bu küflerin üremesi sonucunda çimlenme kabiliyeti düşer, mikotoksinler oluşur (Tunail, 2000).

Çoğu mikotoksin, kararlı bir yapıya sahip olduğu için depolama ve işleme sırasında, örneğin yüksek sıcaklıklarda yapılan ekmeğin yapısında dahi bozulmadan kalır. Bu nedenle mikotoksin oluşumuna neden olacak, tetikleyecek şartlardan mümkün olduğunca kaçınmak çok önemlidir. Mikotoksin meydana geldikten sonra elimine etmek çok güç olduğu için en iyi kontrol, mikotoksin oluşumunu engellemektir. Küfler, yaşamak ve kolonize olmak için en çok neme ihtiyaç duymaktadırlar. Bu tetikleyici etki olarak bilinir. Küf gelişmesinin başlaması bazen 24 saat gibi kısa bir sürede gerçekleşir. Küfler çok farklı nem ve sıcaklık koşullarında yaşamlarını sürdürebilirler. Sıcaklık, oksijen, azot gibi çevresel faktörler küf gelişmesi için gerekli faktörlerdir. Küfler ayrıca organik besin kaynağı olarak gıda maddelerini kullanırlar (Scudamore, 2004).

Her gıdanın yapısına, bileşimine, içerdiği nem oranına, bulunduğu iklim koşullarına göre gıdanın üzerinde gelişen küf cinsleri, türleri ve oluşturdukları mikotoksin çeşitleri değişir (Tunail, 2000). Gıdalarda bulunabilen önemli mikotoksinler ve üretici küf türleri Tablo 2.5'te verilmiştir.

Tablo 2.5: Gıdalarda bulunabilen önemli mikotoksinler ve üretici küf türleri (Weidenbörner, 1999).

Mikotoksinler	Toksini üreten küf türleri
Aflatoksin	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>A. nomius</i>
Alternaria toksinleri: - Alternariol - Alertoksin - Tenuazonik asit	<i>Alternaria alternata</i> , <i>A. tenuissima</i>
Fusarium toksinleri: - Trikotesen - Zearalenon - Fusarin C - Fumonisin	<i>Fusarium culmorum</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. moniliforme</i> (<i>F. verticillioides</i>)
Okratoksin A	<i>A. ochraceus</i> , <i>A. alutaceus</i> , <i>P. verrucosum</i> Chemotyp I - II
Patulin	<i>A. clavatus</i> , <i>A. terreus</i> , <i>Bys. fulva</i> , <i>Bys. nivea</i> , <i>P. expansum</i>
Penisilik asit	<i>A. alutaceus</i> , <i>P. roquefortii</i> Chemotyp II

Tablo 2.5: devam

Mikotoksinler	Toksini üreten küf türleri
Siklopiazonik asit	<i>A. flavus</i> , <i>A. tamarii</i> , <i>P. camambertii</i> , <i>P. puberulum</i>
Sitrinin	<i>A. terreus</i> , <i>Penicillium expansum</i> , <i>P. citrinum</i> , <i>P. citreonigrum</i> , <i>P. verricosum</i>
Sterigmatosistin	<i>A. versicolor</i>

2.2.2. Mikotoksinlerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Mikotoksinlerin insanlar üzerindeki tüm etkilerini tam olarak söyleyebilmek olanaklı değildir. İnsanlar üzerinde direkt araştırmalar yürütülemediğinden toksisite denemeleri en duyarlı hayvan olan ördek yavruları, fareler ve ratlar kullanılarak yapılmakta; bulgular bu deney hayvanları üzerinde yapılan incelemelerle yorumlanmaktadır (Tunail, 2000; Uğur ve ark., 2001). Ancak mikotoksinlerin yüksek dozda öldürücü, düşük dozda kanserojenik ve çok düşük dozda gıdaların besin değerini düşürücü özelliklere sahip olduğu belirtilmektedir (Logrieco ve Bottalico, 2002).

Mikotoksinlerin vücutta etkili oldukları organ ve dokulara göre veya etki mekanizmalarına bağlı olarak çeşitli etkilerinden söz edilir. Karaciğere etki edenler hepatotoksik, böbreklerde toksik etki yapanlar nefrotoksik, sinir sistemine etki edenler nörotoksik, bağışıklık sistemini etkileyenler immunotoksik olarak tanımlar. Toksik etkilerinden başka kanserojenik, mutajenik (genlerde tahribat yaparak canlıyı genetik değişime uğratma), teratojenik (anne karnındaki yavruyu etkileyerek anomaliye neden olma) etkileri de görülebilmektedir (Tunail, 2000; Uğur ve ark., 2001; Kabak ve Var, 2005).

Mikotoksinlerin toksik etkisi; alınan doza, maruz kalma süresine, toksinin türüne, toksinin etki mekanizmasına, metabolizmaya ve savunma mekanizması gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Erzurum, 1996; Hussein ve Brasel, 2001).

İnsan sağlığı üzerine potansiyel tehlike olan mikotoksinler arasında aflatoksin, okratoksin A, fumonisin, sterigmatosistin, patulin, penisilik asit, sitrinin, zearalenon ve trikotesenler sayılabilir (Weidenbörner 1999; Uğur ve ark., 2001; Beyoğlu, 2002). Mikotoksinlerin üretici küf türleri, etkileri ve bulundukları ürünler Tablo 2.6'da verilmiştir.

Mikotoksinlerin sağlık ve ekonomik yönden yarattığı sorunlar, araştırmacıları mikotoksin oluşumunun engellenmesi ve mikotoksinlerin ortamdan uzaklaştırılmasına yönelik kontrol stratejilerine yöneltmiştir (Kabak ve Var, 2005).

Tablo 2.6: Önemli mikotoksinler, üreten küf türleri, etkileri ve bulundukları ürünler (Müller ve Weber 1996; Uğur ve ark., 2001).

Mikotoksin	Toksini üreten küf türleri	Memeli hayvanlara etkileri	Bulunduğu gıda maddeleri
Aflatoksin	<i>A. flavus</i> , <i>A. parasiticus</i>	hepatotoksik, kanserojen, teratojen (AFB ₁).	yer fıstığı, fındık, mısır, yem, süt ve süt ürünleri
Bisoklamikasit	<i>Byssoschlamys fulva</i> (<i>Paecilomyces variotii</i>)	Hemoraji (doku ve organlarda kanama)	meyve suları
Fumonisin	<i>F. graminearum</i> , <i>F. moniliforme</i> (<i>F. verticillioideus</i>)	Kanserojen (özafagus kanseri), nörotoksik, hepatotoksik	Mısır ve mısır bazlı ürünler, incir, bira
İzlanditoksin	<i>P. islandicum</i>	hepatotoksik.	pirinç
Maltorisin	<i>A. oryzae</i>	hepatotoksik.	malt embriyosu
Okratoksin A	<i>A. ochraceus</i> , <i>A. alutaceus</i> , <i>P. verrucosum</i> (<i>P. viridicatum</i>), <i>P. aurantiogriseum</i> (<i>P. cyclopium</i>)	nefrotoksik, hepatotoksik, teratojen, immunosupresif.	tahıllar, sebzeler, domuz eti, balık ürünleri, malt, kahve, kakao, soya
Patulin	<i>P. expansum</i> , <i>P. patulum</i> , <i>A. clavatus</i> , <i>A. giganteus</i> , <i>Byssoschlamys nivea</i>	nörotoksik, mutajen, teratojen	meyveler, meyve suları (elma), elma şarabı
Penisilikasit	<i>P. mortensii</i> , <i>P. viridicatum</i> , <i>P. aurantiogriseum</i> , <i>A. alutaceus</i>	Hepatotoksik, nefrotoksik, teratojen.	pirinç, pirinç unu, mısır
Psoralen	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	dermatotoksik, mutajen, nekroz oluşumu.	sebze (kereviz)
Siklopiazonikasit	<i>P. aurantiogriseum</i> (<i>P. cyclopium</i>), <i>P. griseofulvum</i> , <i>A. flavus</i>	hepatotoksik, kanserojen.	un, fasulye, yem, et ürünleri
Sitrinin	<i>P. citrinum</i> , <i>A. terreus</i>	nefrotoksik, nörotoksik.	pirinç, buğday, çavdar, arpa ve unları, fasulye, peynir

Tablo 2.6: devam

Mikotoksin	Toksini üreten küf türleri	Memeli hayvanlara etkileri	Bulunduğu gıda maddeleri
Sterigmatosistin	<i>Bipolaris species</i> , <i>Eur. amstelodamii</i>	Kanserojenik, nefrotoksik	Tahıllar (buğday), baklagiller, yer fıstığı
Trikotesenler (Diasetoksisirpenol, T-2 Toksin, Nivalenol)	<i>Fusarium sporotrichioides</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>Myrothecium</i> <i>roridum</i> , <i>Trichoderma viride</i> , <i>Trichothecium roseum</i>	Alimentary Toxic Aleukia (ATA), deri nekrozları.	tahıllar, fasulye, meyve ve sebzeler, et, yumurta, süt
Zearalenon (F-2 Toksin)	<i>F. graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. equiseti</i>	kısırlık	mısır, buğday, fasulye, pirinç, yem.

2.2.3. Mikotoksinlerin Kontrolü

Gerek işlenmiş ya da işlenmemiş bitkisel ve hayvansal ürünlerde gerekse de hayvan yemlerindeki mikotoksinler bir yandan insan ve hayvan sağlığını tehdit ederken diğer yandan ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Ekolojik şartların yanında kültürel uygulamalar, hasat tekniği, depolama teknolojisini kullanabilme, insektisit ve fungisit uygulayabilme imkanlarını sağlayan ekonomik faktörler de oluşumda etkilidir. Mikotoksin üretimi organizmanın gelişmesi için uygun, üzerinde geliştikleri ürünün gelişmesi ya da depolanabilmesi içinse uygun olmayan şartlar gerçekleştiği takdirde başlar. Mikotoksin probleminin riski ne zaman, nerede ve hangi ürün üzerinde oluştuğuna bağlıdır. Küflerin gelişimi için gereken koşullar küfün türüne göre farklılık gösterir, ancak küflerin genellikle yüksek sıcaklık ve neme ihtiyaçları vardır. Küf oluşumu her zaman çıplak gözle görülemez. Küf oluşumundaki ilk safha mikroskobiktir. Saha koşullarındaki stres ve buna bağlı olarak azalan direnç, bitkiyi toksijenik küf istilasına ve kolonizasyonuna açık hale getirir. Depolanan ürünlerdeki küf bulaşması ve mikotoksin üretimi nem, sıcaklık, ürün bileşimi, oksijen ve karbondioksit konsantrasyonu, böcekler ve küf popülasyonunun çokluğu gibi faktörlerin karmaşık etkileşiminin bir sonucudur. Sporlar rüzgar ve yağmur yoluyla pasif olarak taşınırken böcekler de bu sporları vücutları ile transfer ederek taşıyıcı görevi yapabilirler. Böcekler aynı zamanda ürünün yüzeyindeki koruyucu tabakayı zayıflatarak, küflerin gelişmesi için gerekli olan yüzey alanını genişletirler. Sporlar küf oluşumu için gerekli koşullar oluşana dek aylarca ya da yıllarca uyur pozisyonda kalabilirler (Semple ve ark., 1991).

İklimi kontrol altında tutmak mümkün olmadığından, hasat öncesi dönemde küf oluşumunu önlemek pek de mümkün olmamaktadır. Ürünün yetiştirilmesi esnasında kritik dönemlerde yağışın yetersiz veya gereğinden fazla olması da küf oluşumuna, ürünün zarar görmesine ve mikotoksin oluşumuna neden olabilir. Ancak hasat sonrası dönemde küf oluşumu ve sonuçlarının önlenmesi ürünün doğru uygulamalara tabi tutulması ile mümkün olmaktadır. Ürünün özenle kurutulması ve doğru koşullarda saklanması, hasat sonrasında fungal oluşumları, dolayısı ile mikotoksin üremesini en aza indirgeyecektir (Shephard, 2007).

Küf kolonizasyonunun boyutunu belirleyen, ortam sıcaklığı, O₂ ve CO₂ konsantrasyonları ile nem faktörleri arasındaki etkileşimdir. Küfler yaşamak için genelde 20–30°C arasındaki sıcaklıklara ihtiyaç duyar. Ürün, hasat aşamasındayken yüksek sıcaklığa maruz kalırsa depolama ünitesi soğutma ekipmanına sahip olsa bile, ürün günlerce ya da haftalarca sıcaklığını koruyabilir. Normalde saklama esnasında küfler nem oranı %13-18'e ulaştıkça ortaya çıkar. Ancak yüksek oranda yağ içeren ürünlerde nem %7 gibi düşük bir oranda iken bile küf gelişimine rastlanabilir. Bazen de küfün gelişmesini azaltmaya yönelik olarak alınan tedbirler tam tersine enfeksiyon potansiyelini artırır. Buna en güzel örnek tahılın yüksek sıcaklıklarda kurutulmasıdır. Çünkü bu esnada tahıl tanesini koruyan ince zar yırtılır ve endosperm küf istilasına açık hale gelir (Muschen ve Frank, 1994).

Mikotoksin meydana geldikten sonra elimine etmek çok güç olduğu için en iyi kontrol mikotoksin oluşumunu engellemektir. Bunu sağlamak için dayanıklı türler, toprak işlemede alternatif yöntemler, farklı kurutma ve depolama şartları geliştirilmiştir. Son zamanlarda HACCP prensipleri doğrultusunda kritik kontrol noktaları saptanarak bulaşmanın önlenmesi konusunda çalışmalara devam edilmektedir (Tunail, 2000; Babaoğlu, 2005; Sabuncuoğlu ve ark., 2008).

Mikotoksikozislerin önüne geçmek için dekontaminasyon ve detoksifikasyon metotları uygulanabilir. Hasarlı taneler küf gelişimine daha müsait olduğundan, insektlerle mücadele, hasat zamanında gösterilen özen, hasarlı tanelerin ve yabancı cisimlerin uzaklaştırılması küf gelişiminin kontrolüne yardımcı olur (Uğur ve ark., 2001). Ürünlerde küf ve mikotoksin oluşumunu engellemek için gereken uygulamalar aşağıda anlatılmıştır.

2.2.3.1. Hasat Öncesi Kontrol

Hasat öncesi küf gelişimini etkileyen birçok faktör vardır. Bunlar bitkilerin fizyolojik ve morfolojik durumlarını ve iklim şartlarını kapsamaktadır. Sağlıklı olmayan bir bitki küflerle kontaminasyona yatkın olur. Bitkinin sağlıklı olması ise, su ve besin durumu, zararlı

böceklerle istila edilmesi gibi stres faktörlerine maruz kalıp kalmaması ile tanımlanmaktadır (FAO, 2007).

Öncelikle sağlıklı tohumlar kullanılmalıdır. Birçok çiftçi sertifikalı tohum kullanmamakta ve genellikle bir önceki yılın ürününden elde ettiği tohumları kullanmaktadır. Bu tohumlar eğer herhangi bir enfeksiyona maruz kalmamış bitkilerden elde edilmişse ve uygun şartlarda muhafaza edilirlse güvenlidirler. Ekimden önce bu tohumların pestlerle enfekte olmamaları ve hastalık içermemeleri önemlidir. Tohum eğer enfekte olmuşsa çimlenmeyecek veya sağlıklı, düşük verimde ürün verecektir. Küf ve/veya mikotoksin sorununun olduğu bölgelerde mümkünse daha dayanıklı çeşitlerin ekimi yapılmalıdır. Uygun çeşitler seçilmeden önce yaygın patojenlerin saptanması gerekir. Ekimden sonra, küf ile baş etmede temel strateji, bitki stresini en az düzeye indirmektir. Bitki streslerinden olan kuraklığın sebep olduğu su eksikliği nedeniyle bitkide çatlama oluşmaktadır. Bu çatlaklar, küf sporlarının girebileceği yollar oluşturmaktadırlar. Mikotoksin kontaminasyonunu azaltmada etkili olabilecek diğer bir strateji de zararlı toksinleri üreten taksonomik grup ya da türden elde edilen ve mikotoksin üretmeyen küf türlerinin uygulanmasıdır. Günümüzün biyokontrol stratejileri, toksin üretmeyen türlerin baskın hale geçerek toksin üreten türlere tarımsal ortamda yaşama hakkı tanımamasına dayanmaktadır (Cleveland ve ark. 2003; FAO, 2007).

Günümüzde, biyoteknolojik yöntemlerle, bazı zararlılara karşı dayanıklı genetiği değiştirilmiş çeşitler geliştirilmiştir. Burada, gen ilavesi yapılan mısır çeşidi üzerinde zararlılar görülmemektedir. Çünkü bu tip çeşitlerde, mısır bitkisi bir anlamda kendi ilacını kendisi üretebilmekte ve üzerinde beslenmeye ve zarar yapmaya çalışan zararlıyı etkisiz hale getirebilmektedir. Ancak, genetiği değiştirilmiş çeşitler hakkındaki tartışmalar hala devam etmektedir (Babaoğlu, 2005).

Ürünlerin sağlıklı kalmalarını sağlayan iyi tarım ve işleme uygulamaları hasat öncesi mikotoksin kontaminasyonunu azaltabilir ancak yok etmez. Örneğin *Bacillus thuringiensis* Berliner kristal proteinini taşıyan gen ile modifiye edilmiş mısır (BT mısırı) gibi böceklerle dayanıklı genotiplerde fumonis varlığı daha az olabilir. Yer fıstığının sulanması, yer fıstıklarında fungus kontaminasyonuna yol açtığı bilinen kuraklık stresini büyük olasılıkla engelleyerek gerçekte aflatoksin kontaminasyonunu önlemektedir. Bununla beraber, bu uygulama maliyet, coğrafi konum veya üretim sisteminin doğası nedeniyle her zaman mümkün değildir (Cleveland ve ark., 2003).

2.2.3.2. Hasat Dönemi Kontrolü

Küflenme ve mikotoksin oluşumunu engellemek için; ürün tam olarak olgunlaşınca hasat edilmelidir. Hasat esnasında üründe mekanik hasar oluşturulmaması için hasat tekniklerini geliştirerek ürünün yapısına uygun hasat yöntemlerini uygulamak, hasat esnasında zararlanmayı en aza indirmek amaçlanmalıdır. Böylece kontaminasyon kaynakları elemine edilebilir. Hasatta kullanılan makinelerin ürüne zarar vermemeleri için kullanımlarına özen gösterilmelidir, ürüne verilecek zarar ürünü küflerin gelişmesine açık hale getirecektir. Çok erken ve çok geç hasatlarda ürün yine küf istilasına hassas bir yapı kazanır. Çok erken hasatta yağmurlu geçen mevsim, üründe istenmeyen neme neden olur ve depolama sırasındaki risklerin artmasına neden olur. Hasatta geç kalınması ürünün su stresiyle karşı karşıya kalmasına neden olarak küf istilasına açık hale getirir. Geç kalınmış hasatta ürün, mekanik zararlanmaya karşı daha hassastır (Kaya ve Yarsan, 1995; FAO, 2007).

Hayvan yemi olarak kullanılabilen sap, koçan, saman gibi hasat sırasında üründen arta kalanlar küf sporlarıyla enfekte olmaya açıktırlar. Bunların toprakla temas etmeyecek şekilde paletler üzerinde veya bağlanarak dik konumda yığınlar halinde yerleştirilmeleri gerekmektedir. En iyi uygulama ise, bu artıkların mümkün olduğunca hızlı bir şekilde kurutulup depolara alınmasıdır (FAO, 2007).

2.2.3.3. Hasat Sonrası Kontrol

Rutubet oranı yüksek bölgelerde hasat edilmiş ürün derhal kurutulmalı ve sonra havalandırılması sağlanmalıdır. Hasat edilen ürünler direkt toprak üzerinde kurutulmamalıdır (Kaya ve Yarsan, 1995; FAO, 2007).

Böcek zararının önlenmesi, hasat öncesinde olduğu kadar hasat sonrasında da ürünün nakliyesi ve depolanması esnasında küf ve mikotoksin kontaminasyonunu azaltabilir. Bazı durumlarda küf inhibitörü kullanmak küf kontrolü için faydalı olabilir. Organik asitler önemli ve etkili küf inhibitörleridir ve fungusun üremesini engelleyecek şekilde gıdanın pH'sını değiştirebilirler (Leeson ve Summers, 1991).

Depolanan ürünlerde küf oluşumunu kontrol edebilmek için tüm depo binaları düzenli olarak denetlenmelidir. Denetleme yapabilmek için her depolama tesisinin farklı fiziksel koşullarında geçerli olacak sistematik bir numune alım yöntemi geliştirilmelidir. Küf gelişimini önlemek için depolama tesisinde tüm noktaların kontrol edilmesi önemlidir; çünkü ambarlar, yem değirmeni, karma yem ambarları ve hayvan yemlikleri dahil her yerde küf oluşabilir. Doğru depolama sıcaklığını ve nem koşullarını sağlamak ve ambar ile ekipmanları

sık sık temizlemek küf gelişimi ve mikotoksin oluşumunu önlemede büyük önem taşır (FAO, 2007).

Hasat esnasında ve sonrasında ürünün nakliyesi, mekanik hasarı en aza indirecek şekilde düzenlenmelidir. Küf patojenlerinin büyük çoğunluğu doğrudan bitki dokusuna nüfuz etse de mekanik hasar, enfeksiyonun oluşması ve nakliye ile depolama sırasında taneden taneye yayılmasına neden olacak ek giriş kanalları oluşturur. Mekanik hasar gibi böceklerin verdiği hasar da küf patojenleri için ek giriş bölgeleri sağlar, enfeksiyona uygun zemin hazırlar ve enfeksiyonun tahıl kitlesi boyunca yayılmasını hızlandırır. Bazı böcekler patojenler için vektör rolü oynar (Leeson ve Summers, 1991).

2.3. Fumonisinler

2.3.1. Fumonisinlerin Oluşumu ve Kimyasal Yapısı

Fusarium cinsi küfler toprakta yaygın olarak bulunur. Birçok farklı olası bulaşma yolu bulunmaktadır. Tahıllar *Fusarium*'un değişik türleriyle bulaşmada en büyük paya sahip bitki guruplarındandır (Semple ve ark., 1991). Birçok *Fusarium* türü gerek buğday, arpa, çavdar ve yulaf gibi serin iklim tahılları ve gerekse mısır, çeltik ve sorgum gibi sıcak iklim tahıllarını; kök, kök boğazı, sap, başak ya da koçanlarından infekte ederek önemli ürün kayıplarına yol açabilmektedir. Dünyada tahıl yetiştirilen her bölgede bu hastalıklar görülmekte ve sadece bu hastalıklar nedeniyle Avrupa'da her yıl % 10-30 arasında verim kaybı görüldüğü bildirilmektedir. Mısır'da ise tüm dünyada verim kaybına neden olan en önemli hastalıklar *Fusarium* cinsi küflerin neden olduğu sap ve koçan çürüklüğüdür (Bottalico, 1998; Edwards, 2004; Uçkun, 2008).

Soriano ve Dragacci (2004b) tahıllardaki oluşumunu aşağıdaki şekilde listelemiştir.

- Sapta sistematik bir hareket sayesinde tohumdan mısır koçanına, oradan daneye ve yaprak sapına doğru olan bulaşma,
- Sap ve koçan boyunca kökten tanelere bulaşma,
- Hava veya su yoluyla konidyumdan danelere bulaşma,
- Böceklerin vektör işlevi görmesiyle meydana gelen bulaşma,

Dünyada hastalıklara neden olan pek çok *Fusarium* türü saptanmıştır. *Fusarium* türlerinin bulunuşu ve dağılışı, bölgeden bölgeye ve yıldan yıla değişmekle birlikte, tüm dünyada en yaygın ve önemli tür *F. moniliforme* 'dir. Bunu özellikle Kuzey Amerika, Kanada ve Avrupa'nın bir bölümünde *F. graminearum* takip etmekte, Batı Avrupa'da ise

F.graminearum'la birlikte *F.culmorum* (W.G.Sm.) Sacc. önemli patojenler arasında yer almaktadır (Abbas ve ark., 1988).

Fumonisinler başlıca *F. verticillioidea* (*F.moniliforme*) ve *F. proliferatum* tarafından üretilen, suda çözünebilir mikotoksinlerdir (Krska ve ark., 2007; Soriano ve Dragacci, 2004b). Mısır taneleri ve unu, mısır konservesi, mısır gevreği gibi mısır bazlı gıdalar ile pirinç, bira ve süt gibi gıdalarda görülen fumonisinlerin üreticisi olan *F. moniliforme*'nin optimum gelişme sıcaklığı 22,5–27,5°C, minimum 2–5°C ve maksimum 32–37°C'dir. Gelişmesi için 0,87 su aktivitesine (a_w) ihtiyaç duyan *F. moniliforme*'nin, 30°C sıcaklık ve 0,97 su aktivitesinde toksin oluşturduğu rapor edilmiştir (Sweeney ve Dobson, 1998; Marin ve ark., 1999). *F. proliferatum*'un toksin oluşturması için ise 15°C sıcaklık ve 0,97 su aktivitesinin uygun olduğu bildirilmiştir (Marin ve ark., 1999).

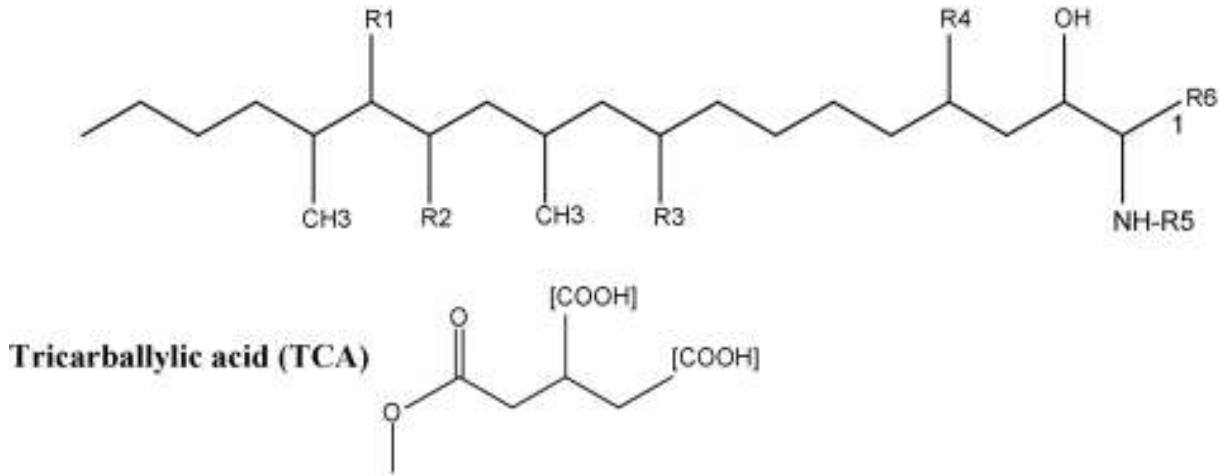
Fusarium türleri tarafından fumonisin üretimi anaerobik gelişme koşullarında artmaktadır (Sweeney ve Dobson, 1998).

Torres ve ark. (2001) mısırın hangi şartlar altında yetiştirildiğinin *Fusarium* türlerinin ortama hakim olmalarıyla ilgili olduğunu saptamışlardır. Yapılan çalışmalarda artan fumonisin düzeylerinin artan bölgesel sıcaklıkla orantılı olduğu ortaya çıkarılmıştır. Yüksek sıcaklıkların mikotoksin oluşumunu etkilediğini, ayrıca yüksek nemdeki ürünün kuruya göre *Fusarium* türlerinin gelişmesi için daha uygun olduğunu belirlemişlerdir.

Scudamore ve Patel'in (2000) yaptığı çalışmaya göre de Güney Avrupa'dan toplanan örneklerdeki fumonisin miktarının daha güneyden toplananlardan fazla olduğu saptanmıştır. Bölgenin enlemi azaldıkça fumonisin içeriğinin arttığı tespit edilmiştir. Velluti ve arkadaşlarının (2000) çalışmasının sonucunda da *F. moniliforme*'nin gelişme hızının 25°C'de, 15°C'den daha fazla olduğu bulunmuştur. Aynı araştırmacılar bunun yanında belli bir sıcaklıkta küfün büyüme hızının su aktivitesi ile arttığını saptamışlardır.

Fumonisinlerin kimyasal yapısı ilk kez 1988'de rapor edilmiştir (Gelderblom ve ark., 1988). Fumonisinler üç grupta tanımlanmıştır; bunlar da A₁, A₂, B₁, B₂, B₃, B₄, C₁, C₂, C₃ ve C₄ olarak sınıflandırılır (Doğan ve Tuzcu, 2001; Sanchis ve ark., 1994; Soriano ve Dragacci, 2004a; Soriano ve Dragacci, 2004b; Wang ve ark., 2008). Bu gruplandırma amid ve amin gruplarının varlığına göre düzenlenmiştir. Grup C, Grup B ile metil grubu yokluğu haricinde benzeşmektedir (Krska ve ark., 2007). Fumonisin türevleri arasında FB₁, *F.verticillioidea* kaynaklı fumonisin kontaminasyonu içinde %70-80 'lik bir yaygınlığa sahiptir (Rheeder ve ark., 2002). Ayrıca Fumonisin B₁ (FB₁)'in en toksik olduğu düşünülmektedir (Tunail, 2000; Krska ve ark., 2007). FB₁ C₃₄H₅₉NO₁₅ şeklinde formülize edilmiştir (propane-1,2,3-tricarboxylic acid'in diesteri ve 2-amino-12,16-dimetil-3,5,10,14,15-pentahydroxyeicosane)

(Soriano ve Dragacci, 2004b; Musser ve Plattner, 1997). Toplam fumonisin dağılımında, FB₂ %15-25, FB₃ ise %3-8’lik bir yaygınlığa sahiptir (Rheeder ve ark., 2002). Fumonisinlerin yapısı Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Toksinler	R1	R2	R3	R4	R5	R6
Grup A						
FA ₁	TCA	TCA	OH	OH	COCH ₃	CH ₃
FA ₂	TCA	TCA	H	H	COCH ₃	CH ₃
Grup B						
FB ₁	TCA	TCA	OH	OH	H	CH ₃
FB ₂	TCA	TCA	H	OH	H	CH ₃
FB ₃	TCA	TCA	OH	H	H	CH ₃
FB ₄	TCA	TCA	H	H	H	CH ₃
Grup C						
FC ₁	TCA	TCA	OH	OH	H	H
FC ₂	TCA	TCA	H	OH	H	H
FC ₃	TCA	TCA	OH	H	H	H
FC ₄	TCA	TCA	H	H	H	H

Şekil 2.2: Fumonisinlerin yapısı (Krska ve ark., 2007; Soriano ve Dragacci, 2004b).

Birçok proses süresince FB₁'in kimyasal yapısı bozulmaksızın stabil kalır. Ayrıca birçok faktör FB₁'in işlenmiş ürünlerden ekstrakte edilmesini zorlaştırır. FB₁'in kalsiyum hidroksitle hidrolize edilmesi ile hidrolize FB₁ elde edilir. Böylece konsantrasyonun azaltılmış olacağı düşünülse de toksik ürün yok edilemez. Saf halde beyaz renkli, hidroskobik yapıda, su, asetonitril-su ya da metanol de çözünebilir. Asetonitril-suda (1:1) stabil, metanolde stabil değildir. Ayrıca besin işleme sıcaklığına ve ışığa karşı stabil bir yapısı vardır. Ancak işleme sırasında 150°C'ye kadar uygulanan ısı işlemler toksin içeriğinde önemli azalmaya neden olmuştur. Fermantasyon işlemi sonucunda çok az bir parçalanma gözlenmiştir (Flynn et.al.,1997; Parry ve ark., 1995).

2.3.2. Fumonisinlerin Etki Mekanizması ve Toksik Etkileri

Fumonisinler yapısal olarak sfingolipid molekülünün bir bileşeni olan sfingosinle benzerlik gösterirler. Sfinganin N-aceyltransferaz (ceramide synthetase) enzimini inhibe ederek sfingolipid kompleksinin sentezini bloke ederler (Wang ve ark., 1999). Fumonisinlerin bu etki mekanizması Şekil 2.3'te şematize edilmiştir.

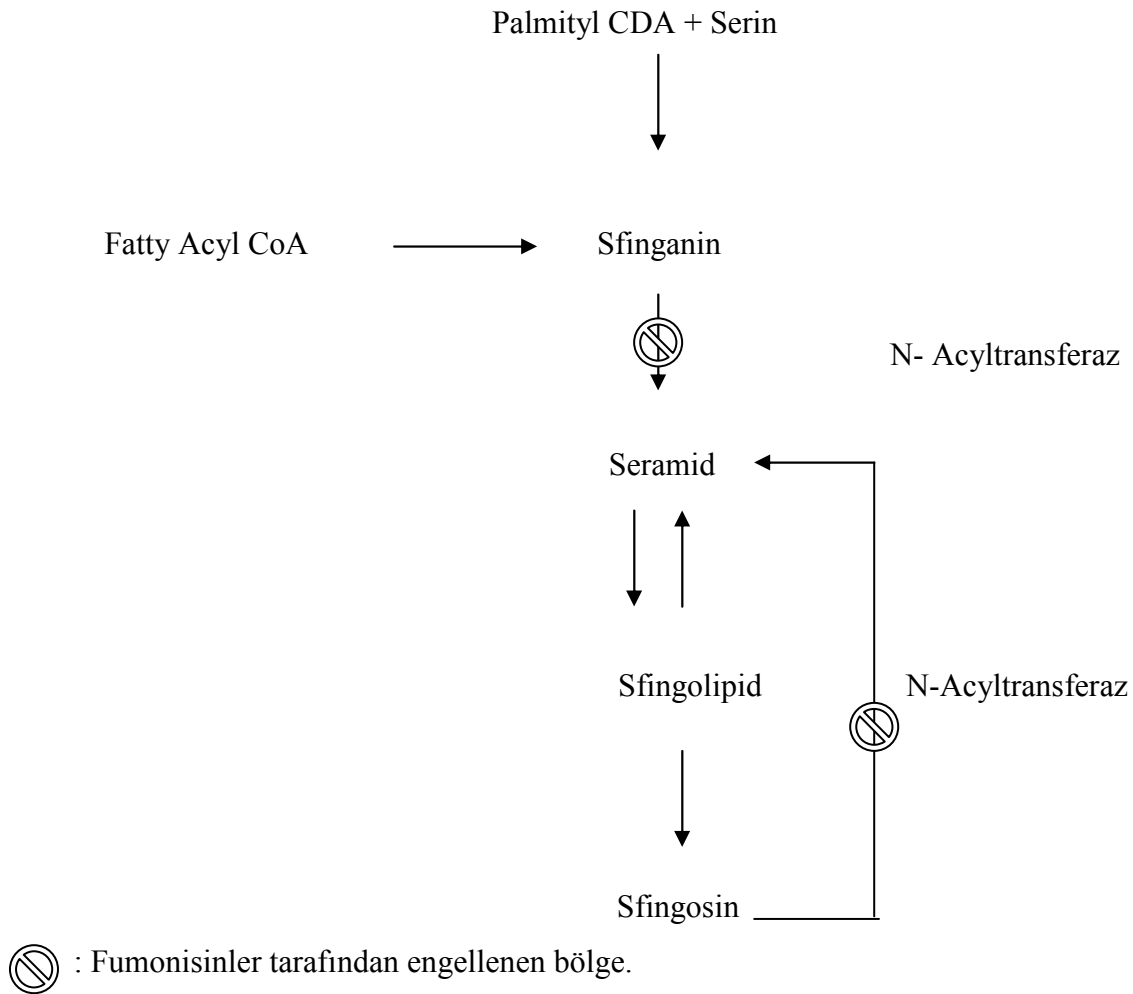
Fumonisinlerin lipit metabolizmasında bazı değişikliklere neden olduğu ve sfingolipit metabolizmasını etkilediği tespit edilmiştir (Doğan ve Tuzcu, 2001; Voss ve ark., 2007). Özellikle sinir ve beyin hücre membranlarında bulunan sfingolipitler ve metabolitleri hücre büyümesi, farklılaşması, apoptozis, nekrozis ve bağışıklık sisteminde düzenleyici olarak rol oynamaktadırlar (Riley ve ark., 1998; Soriano ve ark., 2005). Sfingosin hücre büyümesinin düzenlenmesi, hücre farklılaşması, hücre morfolojisi ve hücre geçirgenliğinde rol oynar. Glycosphingolipid ceramide yine hücre farklılaşması ile bunun düzenlenmesinde protein parçalanmasında ve hücre olgunluğunun uyarılmasında rol oynar. Karaciğer ve böbreklerde sfingolipid metabolizmasının FB₁ tarafından engellenmesi direk doku hasarına neden olur. Dokulardan izole edilen Sfinganin/sfingosin oranı FB₁ varlığı hakkında bilgi verebilir (Wang ve ark., 1999).

Fumonisinler sfingolipitlerin sentezini kuvvetli bir şekilde inhibe ederler. Buna bağlı olarak beyin dokusunda nekrotik lezyonların ortaya çıkmasına neden olurlar (Riley ve ark., 1998).

Epidemiyolojik araştırmalarda fumonisinlerle kontamine olan mısırları tüketen insanların yaşadığı bölgelerde; Güney Afrika'nın Transkei bölgesi, Çin'in Linxian ve İtalya'nın kuzeydoğu ile güneydoğu bölgelerinde yüksek oranlarda özafagus (yemek borusu) kanseri saptanmıştır (Segvic Klaric ve ark., 2009).

Fumonisinlerle kontamine yemlerin tüketilmesiyle hayvanlarda akciğer ödemleri, karaciğer ve böbrek zehirlenmeleri, karaciğer kanseri ve atlarda equine leukoencephalomalacia - lökoensofalit (beyin iltihabı-ELEM) gibi hastalıklara rastlanmıştır (Segvic Klaric ve ark., 2009).

Mısırlı hayvan yemlerindeki 330 $\mu\text{g/g}$ 'dan yüksek FB_1 konsantrasyonu rapor edilmiş, bu dozlardaki FB_1 'in atlarda damar içine verilmesiyle nörotoksik bir hastalık olan leukoencephalomalacia - lökoensofalit (beyin iltihabı-ELEM) görülmüş, domuzlarda porcine pulmonary edema – akciğer ödemi (PPE) gözlenmiştir (Nelson ve ark., 1993; Patricia ve ark., 2006). Fumonisinlere karşı hassas olduğu saptanan tavuklarda verim düşüşüne, hatta ölümlere de rastlanmıştır (Oruç ve ark., 2006). Farelere ise *F.moniliforme*'den saflaştırılan FB_1 verilmesiyle hepatotoksik ve kanserojenik etki gözlenmiştir. Fumonisin B₁'in insanlarda kanserojen (Grup 2B) olduğunu Uluslararası Kanser Araştırma Birliği (IARC) bildirmiştir (IARC, 1993).



Şekil 2.3: Fumonisinlerin toksin mekanizması (Soriano ve ark., 2005).

Domuz, at ve kemirgenlerle yapılan çalışmalara ek olarak, birçok hayvan türü (tavuk, tavşan, hamster, kuzu, vizon, sığır) ile direkt kantitatif doz tepki değerlendirmesi için yararlı olmayan subakut toksisite çalışmaları uygulanmıştır. Yani NOAEL (No Observed Advers Effect Level – Gözlenebilen hiçbir yan etki göstermeyen doz) değeri sağlanamamıştır. Bu çalışmaların çoğu saf fumonisinden ziyade kontamine yemlerle yapılmıştır. Karaciğer ve böbrek hemen hemen tüm hayvan türleri için (özellikle fare ve sıçanlar) hedef organlardır. Bu organların hassaslığının sıçanların cinsi veya türüne bağlı olabileceği bildirilmiştir. NOAEL değeri saptanan çalışmalara göre, NOAEL değerlerinin domuzlardaki akciğer ödemi (PPE) için 5,0 mg FB₁/kg va/gün, atlar için 0,2 mg FB₁/kg va/gün olduğu belirtilmiştir. ELEM'in oluşması için gerekli olan minimum dozun 0,2 – 0,44 mg FB₁/kg va/gün konsantrasyon aralığında olduğu, böbrek tümörünün oluşabilmesi için gerekli minimum dozun ise erkek sıçanlarda 2,5 mg/kg va dişilerde ise 7,0 mg/kg va olduğu rapor edilmiştir (SCF, 2000).

Ueno ve arkadaşları (1997) karaciğer kanserinin sık ve az rastlandığı iki bölgeden aldıkları örneklerin karşılaştırılmasına dayanan araştırmalarında, FB₁ konsantrasyonunun yüksek risk taşıyan bölgelerden toplanan örneklerde daha fazla olduğu sonucuna varmışlardır. Karaciğer kanserinin sıklıkla görüldüğü bölgede fumonisin düzeyi 120 örneğin 80'inde 0,14–34,9 mg/kg, daha az görüldüğü bölgeden toplanan 120 örneğin 54'ünde 0,08–15,1 mg/kg olarak saptanmıştır.

Diğer bir analitik çalışma Kuzey İtalya'da Pordenone bölgesinde yapılmıştır. İtalya'nın kuzey doğusundaki Pordenone bölgesi ağız, yutak ve yemek borusu kanserine dayalı ölümlerin İtalya ve Avrupa'ya oranla daha sıklıkla yaşandığı bir bölgedir (Franceschi et al., 1990). Bu kanser türlerinde risk faktörü, alkol ve sigara kullanımı olarak belirlenmiş; ancak mısır tüketimiyle de önemli bir ilişkisi olduğu bulunmuştur. Bölgede tüketilen mısır yerel olarak üretilmekte ve “polenta” denilen mısır yemeği olarak sıklıkla tüketilmektedir. 1993-94 yıllarında yürütülen bir çalışmada polentadan alınan örneklerde 0,15–3,76 mg /kg düzeyinde FB₁ 'e rastlanmıştır (Pascale et al., 1995, Kaynak: Kösoğlu Vural, 2008).

Akut fumonisin zehirlenmesinin görülebilmesi için mısırlarda 64,7 mg/kg oranında bulunması şarttır. Kronik zehirlenme gözlenebilmesi için mikotoksinin bundan daha düşük düzeylerde uzun süre alınması gerekmektedir (Pittet, 1998).

Vücuda fumonisin alınmasında bölgesel farklılıklar önemli rol oynar. Bu durum bölgedeki mısır yetiştirme oranı, mısır ve mısır bazlı ürünleri tüketme alışkanlığı ile yakından ilişkilidir. Hollanda'da popülasyonun yarısı diyetleriyle günde 1000 ng oranında fumonisin almaktadırlar (Pittet, 1998; Riley ve ark., 1998).

2.3.3. Gıda Maddelerinde Fumonisinler için Belirlenmiş Sınır Değerler

FAO'nun 1997 verilerine göre 1995 yılında sadece bir ülkede fumonisinle ilgili düzenlemeler getirilirken 2004 senesi itibari ile bu sayı 6'ya yükselmiştir. Avrupa'da, Bulgaristan'da mısır ve mısır ürünlerinde, Fransa'da buğday ve ürünlerinde, İsviçre'de mısırdaki düzenlemeler getirilmiş limitler belirlenmiştir. ABD'de FDA tarafından insan gıdalarında ve yemlerde 2001 yılında $FB_1+FB_2+FB_3$ için limitler belirlenmiştir. Buna göre toplam fumonisin insanlar tarafından tüketilen mısır, mısır unu ve ürünlerinde limitler 2-4 ppm hayvan yemlerinde ise 5 ile 100 ppm arasında belirlenmiştir (Arranz ve ark., 2004).

1 Ekim 2007 tarihinde yürürlüğe giren yeni düzenlemeyle herhangi bir değişiklik ya da bağlayıcılık olmadığı takdirde AB ülkeleri için *Fusarium* toksinleri maksimum seviyeleri belirlenmiş (European Commission Regulation, 2007) ve bu düzenlemeye göre birçok üründe *Fusarium* toksinleri limitleri öngörülen değerlerin üstünde tutulmuş ve mısırın çeşitli partikül büyüklüklerindeki öğütme fraksiyonları için limit değerler belirlenmiştir (Tablo 2.7). İsviçre mısır ve ürünlerinde 1000 $\mu\text{g/kg}$ (1 ppm) fumonisin B_1+B_2 sınırlamasını getirmiştir (Tunail, 2000).

Tablo 2.7: Avrupa Birliği Komisyon kararı gereğince ile FB_1+FB_2 maksimum düzeyleri

Ürün	Maksimum Düzey FB_1+FB_2 ($\mu\text{g/kg}$)
İşlenmemiş mısır	4000 $\mu\text{g/kg}$
Doğrudan insan tüketimine sunulan mısır bazlı ürünler	1000 $\mu\text{g/kg}$
Mısır bazlı kahvaltılık tahıllar	800 $\mu\text{g/kg}$
Mısır bazlı bebek mamaları	200 $\mu\text{g/kg}$

Ülkemizde Fumonisinin (FB_1+FB_2) mısır ve ürünleri için maksimum limitlerine ilişkin sınırlamalar 17.05.2008 tarihli, 26879 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ (2008/26) ile belirlenmiştir (Tablo 2.8). Bu tebliğe göre maksimum limitler işlenmemiş mısırdaki 4000 $\mu\text{g/kg}$, mısır bazlı ürünlerde 1000 $\mu\text{g/kg}$, mısır bazlı kahvaltılık tahıllar ve çerezlerde 800 $\mu\text{g/kg}$, bebek mamalarında 200 $\mu\text{g/kg}$ ve mısır unlarında 2000 $\mu\text{g/kg}$ olarak tespit edilmiştir (Anonim, 2008).

Tablo 2.8: TGK Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ (2008/26), fumonisin maksimum limitleri (Anonim, 2008).

Gıda Maddesi	Maksimum limit (FB ₁ + FB ₂) (µg/kg)
2.6. FUMONİSİNLER	
2.6.1. İşlenmemiş mısır (ıslak öğütülecekler hariç)	4000
2.6.2. Doğrudan insan tüketimine sunulan mısır, doğrudan insan tüketimine sunulan mısır bazlı ürünler	1000
2.6.3. Mısır bazlı kahvaltılık tahıllar ve mısır bazlı çerez	800
2.6.4. Bebek ve küçük çocuk ek gıdaları (işlenmiş mısır bazlı olanlar)	200
2.4.5. 500 mikrondan büyük eleklerden geçirilerek üretilen mısırın kabaca öğütülmesinden elde edilen küçük parçalar ve mısır irmiği (GTİP 1103 13) veya mısırdan elde edilen pelleter (GTİP 1103 20 40) ve doğrudan insan tüketimine sunulmayan 500 mikrondan büyük eleklerden geçirilerek üretilen mısır veya mısır ürünlerinin kabartılması veya kavrulması suretiyle elde edilen gıda maddeleri (GTİP 1904 10 10)	1400
2.4.6 500 mikrondan küçük ve eşit eleklerden geçirilerek üretilen mısır unu (GTİP 1102 20) ve doğrudan insan tüketimine sunulmayan 500 mikrondan küçük ve eşit eleklerden geçirilerek üretilen mısır veya mısır ürünlerinin kabartılması veya kavrulması suretiyle elde edilen gıda maddeleri (GTİP 1904 10 10)	2000

2.3.4. Çeşitli Gıda Maddelerindeki Fumonisin Varlığı

Başta mısır ve mısır bazlı gıdalar (mısır gevreği, patlamış mısır, vb.) ile mısırdan elde edilen ürünler veya bu ürünlerin ilavesiyle elde edilen ürünlerde (mısır unu, mısır şurubu, mısır nişastası, bira, vb.) yapılan çalışmalar sonucunda fumonisin çeşitli düzeylerde tespit edilmiştir. Bu çalışmalarda çoğunlukla HPLC test yöntemi kullanılmıştır.

Fumonisin düzeyinin genel olarak mısır ve mısır unlarında yüksek konsantrasyonlarda, kahvaltılık mısır gevreklerinde, mısır konservelerinde ve patlamış mısırlarda daha düşük konsantrasyonlarda tespit edildiği görülmüştür. Bu durumun, mısır unları için sadece fiziksel bir proses uygulanırken; diğer ürünlerde farklı proseslerin de uygulanması kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Soriano ve Dragacci, 2004a).

Fumonisin'in sıcakkanlılarda gösterdiği toksik etkilerin kanıtlanmasına paralel olarak dünyada özellikle mısır ve mısır ürünlerinde Fumonisin kontaminasyonu üzerine pek çok çalışma yapılmıştır (Tablo 2.9).

Fumonisin'in keşfinde önemli rol oynayan ve yemek borusu kanserinin çok fazla görüldüğü Güney Afrika'da yapılan çalışmalar konunun önemini de ortaya koymaktadır. Tablo 2.9'da görüldüğü gibi özellikle yemek borusu kanserinin çok görüldüğü Transkei bölgesinde yapılan çalışmalarda (Sydenham ve ark., 1990; Rheeder ve ark., 1992) mısırlarda 140 ppm'e varan oranlarda fumonisin belirlenmiştir.

Birçok ülkede tahıl ürünlerinde fumonisinlerin bulunuşları ile ilgili veriler toplanmaktadır. Gıdalardaki *Fusarium* toksinleri ile ilgili 9 Avrupa ülkesini kapsayan SCOOP raporu 2003 yılında yayınlanmıştır (SCOOP, 2003). FB₁'in mısır ve ürünlerinde meydana gelişleriyle ilgili yapılan araştırma sonuçlarına göre analize tabi tutulan 5211 örneğin % 60'nın kontamine olduğu saptanmıştır. En yüksek kontaminasyona Okyanusya ülkelerinde (82 örneğin %82 sinde), Afrika'da (383 örnekte %77), Latin Amerika'da (266 örneğin %85), Güney Amerika'da (1662 örneğin %63), Avrupa'da (1918 örneğin % 53) ve Asya'da (900 örnekten % 52) rastlanmıştır. Elde edilen verilere göre mısır ve yan ürünlerinin kontaminasyon düzeyinin kaynağına göre farklılık gösterdiği belirtilmiştir. En yüksek kontaminasyonun, mısır yeminde tespit edildiği, bunu yan ürünleri ya da işlenmiş ürünlerinden un, polenta, irmik ve diğer ürünlerin izlediği rapor edilmiştir.

Sydenham ve ark. (1991) tarafından yapılan bir çalışmada, Güney Afrika orijinli 3 mısır gevreği örneğinde fumonisin tespit edilemezken; 18 mısır örneğinin 10 tanesinde 0,19 mg/kg'dan daha az düzeyde; 52 mısır unu örneğinden 46 tanesinde ortalama olarak 0,14 mg/kg düzeyinde tespit edilmiştir.

Brezilya orijinli mısır unlarıyla yapılan bir çalışmada, 9 örneğin hepsinde 0,56 – 4,93 mg/kg düzeyinde fumonisin tespit edilmiştir (Sydenham ve ark., 1991).

Pestka ve ark. (1994) 14 mısır unu, 3 mısırlı muffin karışımı ve 7 karışık tane tahıl örneğini fumonisin düzeyi açısından ELISA yöntemi ile incelemiş ve sonuçta 9 mısır unu, 1 muffin karışımı ve 1 tahıl karışımında fumonisin tespit etmişlerdir.

Çin'in karaciğer kanseri açısından yüksek ve düşük riskli iki ayrı bölgesinden hasat edilen 40'ar adet mısır örnekleri fumonisin varlığı açısından ELISA ve HPLC yöntemleriyle analize alınmıştır. Karaciğer kanseri açısından daha riskli olarak tespit edilen bölgeden hasat edilen 40 örneğin 30 tanesinde ELISA yöntemiyle yapılan analiz sonucunda 0,14-13,24 mg/kg arasında bulunan düzeylerde fumonisin bulunmuştur. Daha az riskli bölgenin ürünlerinden olan 40 örneğin ise 19 adedinde 0,1-0,132 mg/kg arasında bulunan değerlerde

fumonisin tespit edilmiştir. Aynı örnekler HPLC yöntemiyle analize alındığında, daha riskli bölgeden elde edilmiş 40 örnekten 37'sinde 0,16-25,97 mg/kg arasında değişen düzeylerde fumonisin tespit edilmiş olup, az riskli bölgeden elde edilmiş 40 örneğin ise 16'sının 0,08-3,19 mg/kg arasında olan düzeylerde fumonisin değerleri bulunmuştur (Ueno ve ark., 1997).

Mısır tüketiminin fazla olduğu ve fumonisin kontaminasyonu nedeniyle sorunların yaşandığı ülkelerden olan Kore'de yapılan çalışmada 115 örneğin 81'inin 168 ppm'e varan oranlarda fumonisin kontaminasyonu gösterdiği belirtilmiştir (Sohn ve ark., 1999).

Arjantin'de satışa sunulan 38 adet mısır bazlı gıdanın (mısır gevreği ve polenta) %95'inde fumonisin tespit edilmiştir (Solovey ve ark., 1999). En yüksek fumonisin düzeyi polentada tespit edilmiş ve 556 µg/kg düzeyinde, en düşük düzey ise mısır gevreklerinde 2,38 µg/kg olarak bulunmuştur.

Machinski ve Valente'nin (2000) yaptığı çalışmada, mısır gevreği, mısır unu, mısır nişastası, patlamış mısır, mısır konservesi ve "pamonha" denilen mısır ve süt ile yapılan geleneksel bir Brezilya keki fumonisin düzeyi açısından incelenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, 4 mısır gevreği örneğinin 1 tanesinde 0,66 mg/kg, 9 mısır ununun tamamında 0,56 – 4,93 mg/kg, 11 mısır nişastasının 9'unda 1,46 mg/kg, 9 patlamış mısırdan 4'ünde 1,72 mg/kg ve 11 mısır konservesinden 2 tanesinde 0,08 mg/kg'dan daha düşük düzeylerde tespit edilmiştir. Ancak 7 pamonha kekinin hiçbirinde bulunamamıştır.

İngiltere'de mısırlarda TLC (İnce Tabaka Kromatografi) yöntemi ile yapılan çalışmada 214 adet örnek analize alınmıştır. 0,2-6,0 mg/kg arasında değişen düzeylerde olmak üzere tüm örneklerde fumonisin tespit edilmiştir (Preis ve Vargas, 2000).

Portekiz'in yöresel mısır ekmeği olan "broa" adlı üründe fumonisin oluşumu 30 örnek üzerinde incelenmiş ve 25 tanesinin 142 ila 550 µg/kg arasındaki düzeylerde pozitif olduğu belirlenmiştir. Örneklerin %27'sinin Avrupa Birliği regülasyonlarında belirtilen limiti aştığı tespit edilmiştir (Lino ve ark., 2007).

Castells ve ark. (2008) ELISA yöntemi ile 47 mısır gevreği ve 90 mısır unu örneğini incelemişlerdir. Mısır gevreklerinin %21'inde fumonisin tespit edilmiş; ancak değerler Avrupa Birliği Komisyonu'nun fumonisin düzeyine dair kararına (European Commission Regulation, 2007) göre belirlenmiş 800 µg/kg'dan düşük seviyede bulunmuştur. Mısır unu örneklerinin ise tamamında 892-6307 µg/kg düzeyleri arasında fumonisin tespit edilmiştir.

Tablo 2.9: Dünyada Mısır Ve Mısır Bazlı Gıdalarda Fumonisin Varlığı İle İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar

Ürün	Ürünün Menşei	Fumonisin		Literatür
		Kontamine örnek/ Toplam örnek	Miktar Aralığı (mg/kg)	
Mısır	Güney Afrika	61/74	0,05 - 140	Rheeder ve ark., 1992
Mısır	G. Afrika	39/48	0,2 – 46,9	Sydenham ve ark., 1990
Mısır	İran	19/19	0,01–3,98	Shephard ve ark., 2000
Mısır	Çin	53/80	0,05 – 25,97	Ueno ve ark., 1997
Mısır	Kore	43/71	0,1 – 168,8	Sohn ve ark., 1999
Mısır	A.B.D.	30/40	0,058 – 1,976	Li ve ark., 2001
Mısır	İngiltere	214/214	0,2-6,0	Preis ve Vargas, 2000
Mısır	Çin	281/282	0,003 – 0,071	Gong ve ark, 2009
Mısır gevreği	Kore	11/15	0,018 – 0,143	Kim ve ark., 2002
Mısır gevreği	G. Afrika	0/3	*	Sydenham ve ark., 1991
Mısır gevreği	A.B.D.	3/6	<0,088	Castelo ve ark., 1998
Mısır gevreği	Brezilya	1/4	0,66	Machinski ve Valente, 2000

Tablo 2.9: devam

Ürün	Ürünün Menşei	Fumonisin		Literatür
		Kontamine örnek/ Toplam örnek	Miktar Aralığı (mg/kg)	
Mısır Gevreği	Arjantin	10/47	≤0,06	Castells ve ark., 2008
Mısır unu	Çin	14/14	0,5 – 8,8	Groves ve ark., 1999
Mısır unu	A.B.D.	16/18	0,25 – 1,00	Pohland, 1996
Mısır unu	Brezilya	9/9	056 – 4,93	Machinski ve Valente, 2000
Mısır unu	Arjantin	90/90	0,892–6,307	Castells ve ark., 2008
Mısır nişastası	Brezilya	9/11	≤1,46	Machinski ve Valente, 2000
Mısır nişastası	Kore	4/8	0,014 – 0,384	Kim ve ark., 2002
Mısır nişastası	A.B.D.	1/1	<0,075	Castelo ve ark., 1998
Mısır nişastası	Türkiye	0/3	*	Tuncel ve Yılmaz, 2009
Patlamış mısır	A.B.D.	0/1	*	Castelo ve ark., 1998
Patlamış mısır	Brezilya	4/9	≤1,72	Machinski ve Valente, 2000
Konserve mısır	Kore	0/5	*	Kim ve ark., 2002
Konserve mısır	Brezilya	2/11	≤0,08	Machinski ve Valente, 2000
Mısır ekmegi	A.B.D.	3/4	<0,075 – 1,02	Castelo ve ark., 1998
Mısır ekmegi	Portekiz	25/30	0,142-0,550	Lino ve ark., 2007

*: Tespit edilemedi.

Gong ve ark. (2009) 282 mısır örneğini HPLC yöntemiyle fumonisin açısından incelediğinde, örneklerin biri hariç diğerlerinin 3 ila 71,121 ng/g arasında değişen değerlerde fumonisin ile kontamine olduğunu rapor etmişlerdir. Test edilen örneklerin %43,6'sının FB₁ konsantrasyonu açısından 1,000 ng/g'nin altında iken, %25,2'sinin 5,000 ng/g'yi geçmediği belirtilmiştir.

Çanakkale'deki marketlerde satışa sunulan mısır ve mısır bazlı gıdalarla yapılan bir çalışmada, fumonisin kontaminasyonu miktarı HPLC ile analiz edilmiştir. Mısır unu, mısır nişastası, mısır konservesi, kahvaltılık mısır gevreği, soslu mısır çerezi, mısır kavurgası, cin mısır, mısır cipsi ve mısır ekmeği olmak üzere 9 farklı üründe toplam 27 örnek incelenmiştir. Sonuç olarak; mısır kavurgası, soslu mısır çerezi, mısır konservesi ve mısır nişastası örneklerinde fumonisin kontaminasyonuna rastlanmazken, incelenen diğer örneklerde değişen miktarlarda fumonisin tespit edilmiştir. Bununla birlikte kontamine örneklerin tümünde fumonisin miktarının Türk Gıda Kodeksi'nde belirtilen yasal limitlerin altında bulunduğu bildirilmiştir (Tuncel ve Yılmaz, 2009).

Türkiye'de Bursa ve yakın çevresindeki tavuk çiftliklerinden alınan 27 yem örneğinde fumonisin düzeyi araştırılmış, fumonisin rastlantı oranının %100 olduğu belirlenmiştir (Sonal ve Oruç, 2000). Analiz sonucunda fumonisin $188 \pm 25,38$ µg/kg olarak saptandığı bildirilmiştir.

Hayvan yemi olarak kullanılan mısırlar ile yapılan bir çalışmada, Türkiye'de üretilmiş 19 ve ABD'den ithal edilmiş 7; toplam 26 mısır örneği incelenmiştir (Oruç ve ark., 2006). Tüm örneklerde fumonisin tespit edilmiş olup, Türkiye'deki örneklerde 0,80 ile 356,8 mg/kg arasında, ithal edilmiş örneklerde ise 4 - 263 mg/kg düzeyinde fumonisin bulunmuştur.

FB₁ düzeyi hayvan yemlerinde maksimum seviyelere yaklaşmıştır. Örneğin Kuzey Amerika'da 330, Avrupa'da (İtalya) 70, Latin Amerika'da (Brezilya) 38, Afrika'da (Güney Afrika) 9 ve Asya'da (Tayland) 2 mg/kg FB₁'e rastlanmıştır (Shephard, 2007).

Omurtag ve ark. (2006) Türkiye'nin çeşitli coğrafi bölgelerinden toplanan mısır örnekleri çalışmalarını bir araya getirmişlerdir. Marmara Bölgesi'nden (İstanbul) alınan 50 yem örneğinin analizi sonucunda örneklerin tamamında FB₁ 0,037-1,19 µg/g düzeyinde tespit edildiği, Ege Bölgesi'nden (Aydın) alınan 100 mısır örneğinin TLC yöntemi ile analizi sonucunda FB₁ kontaminasyonunun 8 µg/g ile sadece 1 örnekte bulunduğu, Karadeniz Bölgesi'nden (Samsun) alınan mısır örneklerinde FB₁ kontaminasyonunun örneklerin %52'sinde görüldüğü ve 0,05 – 25,72 µg/g aralığında tespit edildiği, FB₂'nin ise örneklerin %25'inde ve 0,05 – 5,7 µg/g aralığında tespit edildiği belirtilmiştir.

Mısır ve mısır bazlı ürünlere ek olarak buğday ve arpada (Castella ve ark., 1999; Omurtag , 2001), birada (Pohland, 1996; Torres ve ark., 1998; Soriano ve Dragacci, 2004b; Dasko ve ark., 2005; Kawashima ve ark., 2007), pirinçte (Park ve ark., 2005; SCOOP, 2003), siyah çayda (Martins ve ark., 2001), tıbbi bitkilerde (Omurtag ve Yazıcıoğlu, 2004) ve kuru incirde (Aksoy ve ark., 2006; Kösoğlu-Vural, 2008; Karbancıoğlu-Güler ve Heperkan, 2009) fumonisin tespit edilmiştir.

Pohland (1996) tarafından 20 adet bira örneği ile yapılan bir çalışmada, örneklerin 15 tanesinde fumonisin bulunmuş olup tespit edilen düzeyin 0,25–1 mg/L aralığında olduğu belirtilmiştir.

Alkolsüz biraları da içeren 32 adet İspanyol birası ile yapılan çalışmada, fumonisin miktarının ELISA yöntemiyle analiz edilen örneklerin %43,8'inde (14 adet) 4,76 – 85,53 ng/mL düzeyinde tespit edildiği rapor edilmiştir (Torres ve ark., 1998).

Kontamine olmuş mısır bazlı mayalama yardımcılarının kullanımıyla biralarda da fumonisin oluşumu tespit edilmiştir. Biradaki muhtemel kaynakların ise mısır taneleri ve şurubu olduğu belirtilmiştir (Soriano ve Dragacci, 2004b).

Slovakya orijinli 20'den fazla bira örneği HPLC test yöntemi ile analiz edildiğinde ise, tüm örneklerin fumonisin miktarının analizin tespit limitinin (0,7 µg/L) altında olduğu belirlenmiştir (Dasko ve ark., 2005).

HPLC yöntemi ile Brezilya'da 58 bira örneğinin analizi sonucunda, 25 örnekte fumonisin tespit edilmiştir (Kawashima ve ark., 2007).

Martins ve ark. (2001) tarafından Portekiz'in Lizbon şehrindeki marketlerden toplanan 18 siyah çay ve dört çeşit tıbbi bitkiyi kapsayan (portakal ağacı yaprakları, ihlamur, papatya) 69 örnekte, FB₁ ve FB₂ oluşma durumlarını araştırmışlardır. En fazla pozitif örneğe siyah çayda rastlanmıştır (80 ile 280 µg/kg arasında). Portakal ağacı yapraklarında 350-700 µg/kg, ihlamur yapraklarında 20-200 µg/kg konsantrasyon aralığında FB₁'e rastlanmıştır. Örneklerin hiçbirinde FB₂'ye rastlanmamıştır.

Omurtag (2001) tarafından HPLC metoduyla Türkiye'de yetiştirilen buğday ve ürünlerinde FB₁ ve FB₂ varlığını tespit etmek üzere yapılan araştırmada 82 örnek analize tabi tutulmuştur. Örneklerin %25'inde FB₁ 0,25 ppm ile 2,66 ppm arasında bulunurken, FB₂ 0,55 ppm olarak sadece bir örnekte bulunmuştur.

Park ve ark. (2005) Kore'de yetiştirilen pirinçlerde fungal mikoflora ve bunların toksinleri üzerine araştırma yapmışlar ve *F. proliferatum*'un en yaygın *Fusarium* spp. türü olduğunu bulmuşlardır. Toplanan 88 örnekten sadece 2 tanesinde 48,2-60,6 ng/g oranında FB₁'e rastlamışlardır.

Karadeniz Bölgesi'nde yetiştirilen bitki çayları ve tıbbi bitkilerle yapılan çalışmada 115 örneğin 2'sinde FB₁ tespit edilmiş (0,160 ve 1,487 µg/g), FB₂ hiçbir örnekte tespit edilememiştir (Omurtag ve Yazıcıoğlu, 2004).

Kösoğlu-Vural (2008) tarafından 262 kuru incir örneği ile yapılan çalışmada, numunelerin % 66,7'sinde fumonisin tespit edilmiştir. Pozitif örneklerin %68'inde FB₁ 0,04-0,32 µg/g, %30,8'inde FB₁+FB₂ 0,08-0,39 µg/g konsantrasyon aralığında bulunmuştur.

Aksoy ve ark. (2006) 259 kuru incir örneği ile çalışmışlar ve %58'inde 0,05-0,33 ppm düzeylerinde olmak üzere fumonisin tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Kuru incirlerle yapılan bir başka çalışmada ise 115 kuru incir numunesinden 86 tanesinde FB₁ kontaminasyonu tespit edilmiştir. Ortalama FB₁ seviyesi 0,369 – 0,466 µg/g olarak bulunmuştur (Karbancıoğlu-Güler ve Heperkan, 2009).

2.3.5. Fumonisin Oluşumunun Önlenmesi ve Eliminasyonu

Mikotoksin oluşumunun engellenmesi ya da azaltılması üzerine hasat öncesi ve hasat sonrası araştırmalar oldukça hız kazanmış ve dünyada bu konuda oldukça fazla çalışma yapılmıştır.

Hasat öncesi araştırmalarda, çalışmalar daha çok hastalık ve mikotoksin oluşumunun engellenmesine yönelik olarak kültürel önlemler başta olmak üzere biyolojik ve kimyasal mücadele yöntemleri ile dayanıklılık üzerine yoğunlaşmış, hasat sonrası çalışmalarda ise mikotoksin oluşumunun ve etkisinin azaltılması amaçlanmıştır (Uçkun, 2008).

Depolamada danelerdeki nem içeriği % 13,5 – 14'ü geçmeyecek şekilde kurutulup, temizliği yapılmış silolarda 10-15 °C'de saklanırsa kontamine olmuş danelerdeki küflerin gelişmeleri ve toksin oluşturmaları önlenir (Tunail, 2000).

Gıdalarda küf gelişimini önlemek için fumigasyon, ısı uygulaması gibi yöntemler uygulansa da, bu yöntemlerin hiçbirisi toksijenik küflerin tam kontrolünü sağlayamamaktadır. İyonize radyasyon farklı gıda ürünlerinde patojenik mikroorganizmaları dekontamine etmekte kullanılabilir yöntemlerdendir (Aziz ve ark., 2007). Gama ışınlarının *Fusarium* cinsi küfler ve fumonisin üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, %10-60'ının *Fusarium* cinsi küfler ile kontamine olduğu toplam 90 adet buğday, mısır ve arpa örneği ile çalışılmıştır. Örneklerdeki canlı *Fusarium* sayısının, radyasyon dozu arttıkça azaldığı ve *Fusarium* cinsi küflerin gelişiminin arpada 4,0 kGy dozu ile, buğday ve mısırdaki ise 6,0 kGy dozu ile inhibe edildiği tespit edilmiştir. 5 kGy dozundaki radyasyon uygulaması buğday, mısır ve arpada sırasıyla %96,6, %87,1 ve %100 oranlarında fumonisini inaktive etmiştir. 7 kGy'lik doz ise buğday ve

mısırdaki fumonisini tamamen yok etmiştir (Aziz ve ark., 2007). Araştırma sonucunda gama ışınlarının fumonisini yok etmekte etkili olduğu bulunmasına rağmen, gama ışınları ile ışınlanmış küf hücreleri ve gıda maddelerinin etkileşimine açıklık kazandırılmalıdır.

Fumonisinlerin detoksifikasyonu için farklı uygulamalar denenmiştir. Mısırdaki amonyaklama işlemi aflatoksin için uygun bir uygulama olmasına karşın, fumonisin detoksifikasyonunda değişken sonuçlar vermiştir (Erzurum, 2001). Mısırdaki ozonlama yöntemi denendiğinde toksisitede bir azalma görülmemiştir (McKenzie ve ark., 1997).

Fumonisin B₁'in sülfat ve sodyum bikarbonat solüsyonuna dayanıklı; ancak sodyum karbonat solüsyonuna karşı dayanıksız olduğu tespit edilmiştir. Kaynatılan suda 30 dakika FB₁ konsantrasyonunun belirli bir aralıkta kaldığı, 220°C'lik ısıda ise parçalandığı bildirilmiştir (Doğan ve Tuzcu, 2001).

Kek yapımında kullanılan mısır içeren hamur 175°C ve 200°C'de fırınlanmış, fumonisin seviyesinde artan sıcaklığa bağlı olarak yaklaşık %15-30'luk bir azalma saptanmıştır (Jackson ve ark., 1997).

Kontamine mısırdaki 15°C'den yüksek sıcaklık uygulamasının ve şeker düzeylerinin azaltılması ile fumonisinlerin %93 oranında azaldığı ifade edilmiştir (D'Ovidio ve ark., 2007).

Yapılan ilk fumonisin stabilite çalışmasında, 30 dk süre ile kaynatmanın *Fusarium verticillioides* kültüründe fumonisin düzeylerinde azalmaya neden olmadığı belirlenmiştir. Buna karşın daha sonra yapılan çalışmalarda, benzer şartlarda fumonisin düzeylerinde düşme olduğu görülmüştür. FB₁ eklenmiş sütün pastörizasyonu (62°C, 30 dk) ile fumonisin miktarlarında belirgin bir düşüşe rastlanmamıştır. Fumonisin dekompozisyonlarının daha yüksek sıcaklıkta ve daha uzun sürede olduğu ifade edilmiştir. Kuru ve yaş mısırın 190°C'de 60 dk ısıtılmasıyla fumonisin düzeylerinin % 60-80 azaldığı, 220°C'de 25 dk kızartmayla ise tamamen ortadan kalktığı görülmüştür. Farklı pH'lardaki tampon çözeltilerinde fumonisinlerin stabilitesi araştırılmış ve 0-60 dk süresince, 100-235°C sıcaklık uygulandığında, düşük pH'larda stabilitenin daha düştüğü; pH arttıkça stabilitenin arttığı görülmüştür. Özellikle dekompozisyonun 150°C ve üzerinde başladığı, 175°C'de 60 dk içinde fumonisin kaybının pH ne olursa olsun % 90'a ulaştığı belirtilmiştir (Humpf ve Voss, 2004).

Mısırın ürünlere işlenmesi sırasında uygulanan proseslerin de fumonisin düzeyi üzerine etkili olabileceği araştırılmıştır. Islak ve kuru olmak üzere 2 ayrı öğütüm yöntemi üretim proseslerinin başlangıç aşamalarını oluşturmaktadır. Islak öğütme işleminin ana amacı nişastayı, yüksek fruktoz içerikli mısır şurubunu ve fermentasyonla etanolü elde etmektir. Bu sebeple ıslak öğütme işlemi daha çok nişasta, şeker ve yağ endüstrisinde kullanılır. Kuru

öğütülen ürünler ise kahvalılık hububat, un, ekmek, yem endüstrilerinde kullanılmaktadır. (Saunders ve ark., 2001; Pekel ve Demirel, 2007). Islak öğütmenin fumonisin kalıntısı üzerine etkisine dair yapılan araştırmalar, bu kalıntıların mısır nişastasında ve mısır şurubunda tespit edilebilir düzeyin altında olduğunu ortaya koymuştur. Benzer etkiler kuru öğütme prosesi için de belirlenmiştir. Fumonisin kalıntısının mısır ununda tespit edilebilir düzeyin altında veya çok düşük düzeyde, tohumda daha yüksek düzeyde ve kepekte en yüksek düzeyde olduğu görülmüştür. Pişirme ve konserve yöntemlerinin fumonisin içeriği üzerine çok az etkisi olduğu, fırınlama ve kızartma işlemlerinin ise etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Saunders ve ark., 2001).

2.3.6. Fumonisin Tayininde Kullanılan Yöntemler

Fumonisinlerin mısır ürünlerinde fazla miktarda bulunması ve insan ve hayvan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin saptanmasından sonra bu mikotoksinin nitel ve nicel olarak tespit edilebilmesi için yöntem geliştirme, tüm mikotoksinlerde olduğu gibi temel çalışmaların başında gelmiştir. Gıdalarda ve yemlerde fumonisin analizi kromatografik yöntemlere dayanmaktadır (Shephard, 1998). Fumonisin analizinde kullanılan en yaygın yöntemler HPLC (Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografi), TLC (İnce Tabaka Kromatografi) ve GC-MS (Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometri) yöntemleri (Sydenham ve ark., 1996; Preis ve Vargas, 2000; Kim ve ark., 2004; Krska ve ark., 2007) ile son yıllarda bu yöntemlere göre daha hızlı ve basit bir yöntem olan ELISA (Enzim bağlanmış immunoabsorbant yöntemi) yöntemidir (Ono ve ark., 2001; Bird ve ark., 2002; Quan ve ark., 2006).

Kromatografi, çok az miktardaki ve kimyasal yapıları birbirine yakın kimyasal madde veya karışımlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre ayrılmasında kullanılan teknikleri içerir. Kromatografide genel olarak bir sabit (stasyoner) faz, bir de hareketli (mobil) faz vardır (Oruç, 2005).

TLC’de cam bir levha üzerine ince bir tabaka halinde ve homojen olarak yayılan sabit (katı) faz için genellikle silikajel, selüloz ve türevleri, nişasta, poliamid ve alüminyum oksit gibi organik ve inorganik maddeler kullanılır. Hareketli faz olarak aseton, metanol, hekzan gibi solventler kullanılır. Günümüzde mikotoksinlerin analizinde kullanılabilmekle birlikte, eskisi kadar kullanımı yaygın değildir (Oruç, 2005).

HPLC’de hareketli faz sıvı (asetonitril, metanol, etanol, tetrahidrofuran, etil asetat, su gibi solventler), sabit faz çok küçük katı parçacıklardan (kolonun dolgu maddeleri olan

silisyum dioksit, alüminyum oksit, gözenekli polimer ve iyon değıştirici reçineler gibi) olmaktadır (Oruç, 2005; Snyder ve ark., 1997).

Gaz kromatografide (GC), hareketli faz hidrojen, azot ve helyum gibi gazlardan oluşur. Sabit faz, sıvı veya katı olabilmektedir (Oruç, 2005; Grob ve Barry, 2004).

Günümüz yöntemlerinden biri olan mikotoksin analizlerinde en sık kullanılan ELISA tekniğinde genellikle katı yüzeylere bağlanmış az miktarda antikor (antibadi) ile örneklerde bulunan toksin ve toksin ile işaretlenmiş enzimlerin bağlanma yeteneğini temel almaktadır. Yapılan yıkama sonrası bağlanmamış enzimler ayrılmakta, kullanılan belirli substrat ile meydana gelen renkli madde miktarı ile toksin miktarı ters orantılı olarak bulunan toksin miktarının hesaplanmasını sağlamaktadır (Oruç, 2005).

Her metodun zayıf bir noktası veya eksik bir yanı bulunmakla birlikte seçilecek metod, amaca göre farklılık gösterebilir. İnce tabaka kromatografisi (TLC) nicelik olarak fumonisin düzeyi hakkında bilgi verirken miktar konusunda yeterli bilgi vermez (Shephard, 1998). Yüksek basınçlı likit kromatografi (HPLC) ile analizde bilinmesi gereken en önemli faktörlerden biri, hangi mikotoksinin hangi dedektörle aranacağını bilmesidir. Örneğin aflatoksinler (AFM₁ dahil), fumonisinler ve Okratoksin A analizlerinde floresans dedektör; trikotesenlerin analizinde UV veya DAD dedektörü kullanılmalıdır (Oruç, 2005). HPLC yöntemi fumonisin analizlerinin çoğunda kullanılmaktadır. Ancak fumonisinin ölçülebilmesi florasan ışık altında okunabilmesini sağlayacak bir kimyasalın makineye konmadan önce eklenmesi ile mümkün olmaktadır. Bu metodun eksik tarafı, bazı örneklerde düşük seviyelerde de olsa asile edilmiş (nacylated) fumonisin türevini tespit edememesidir. Diğer bir olumsuz tarafı ise temizleme aşamasının çok iyi yapılmasının gerekliliğidir. Gaz kromatografi/ kütle spektrometrisi (GC/MS) yöntemi kullanıldığında esterize olmuş yan zincirlerin hidrolize olmasına dayanan yöntemde türevlendirme için trimetilsilyl ya da trifluoroasetat kullanılır. Çok hassas olan bu yöntem oldukça pahalı alet ekipmanı gerektirdiği için cazip değildir. Uygulaması kolay ve pahalı ekipman gerektirmeyen bir yöntem olan ELISA, fumonisini sadece nicelik (kantitatif) olarak belirleyebilir. Capillary zone electrophoresis, fumonisinin florasan özelliği veren bir kimyasalla muamelesini zorunlu kılar ve tespit limiti 50 ppb dir. GC/MS, liquid secondary ion mass spectrometry, immunosorbent assays thermospray mass spectrometry ve electrospray mass spectrometry metodları plazma, üre gibi fizyolojik örneklerin analizinde kullanılır (Shephard, 1998).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Gereç

Bu çalışmada analizi yapılan 25'er adet mısır konservesi, mısır unu ve mısır gevreği örnekleri, İstanbul'un çeşitli semtlerinde faaliyet gösteren değişik marketlerden ve zincir marketlerden sağlanmıştır. Örnek toplanmasında üretici firmaların ve üretim tarihlerinin farklı olmasına dikkat edilmiştir.

3.1.1. Kimyasal Maddeler

- Metanol (%70'lik)
- RIDASCREEN® FAST Fumonisin (R5602) test kiti (Fumonisin standartları ve test solusyonları)

3.1.2. Alet ve Malzemeler

- Karıştırıcı (Art MICCRA D-1 ultra turrax) No:30067
- Mutfak robotu (Kenwood FP101/ FP202)
- Terazî (Sortorius CP224 S)
- Cam malzeme (beher, erlen, huni)
- Otomatik pipet (20-200 µL) ve ucu, eppendorf tüpleri
- Filtre kağıdı (Whatman No:1)
- ELISA okuyucu (ELX 800, Biotec Ins.)

3.2. Yöntem

Fumonisin analizi için kantitatif olarak sonuç veren, serolojik yöntemlerden ELISA (Enzyme Linked İmmuno-Sorbend Assay) yöntemi uygulanmış ve bu çalışmalar için R-Biopharm tarafından üretilen USDA-FGIS onaylı (2002-107), RIDASCREEN® FAST Fumonisin (R5602) adlı test kiti kullanılmıştır. Firmanın önerdiği prosedür takip edilmiştir.

3.2.1. Test Prensipleri

ELISA (Enzyme Linked İmmuno-Sorbend Assay) yöntemi serolojik testlerden biri olup yöntemin temeli antijen-antikor reaksiyonuna dayanmaktadır. Antikorların veya antijenlerin spektrofotometrik olarak belirlendiği bir enzim testi olan bu yöntemde, bilinen konsantrasyonda enzimle bağlanmış antijenler ve bilinmeyen konsantrasyonda serbest antijenden oluşan karışım, sabit bir faza tutunmuş antikorlarla reaksiyona sokulur. Yıkama

fazından sonra enzim substratı içeren çözelti ilave edilerek inkubasyona tabii tutulur ve bağlı enzimin aktivitesi ölçülür. Kontrol değerleri olarak serbest antijen içermeyen numuneler ve sabit faza tutunmuş antikoru bulunmayan numuneler kullanılır. Bu farklılıktan enzimle bağlanmamış olan, bilinmeyen antijen konsantrasyonu okunur.

3.2.2. Örnek Hazırlığı

Çeşitli marketlerden alınarak laboratuara getirilen örnekler öğütülüp, öğütülmüş örneklerden 50 g analiz için kullanılmıştır. Karıştırıcıya koyulan öğütülmüş numune üzerine 250 mL %70'lik metanol eklenip yüksek hızda 3 dakika karıştırılmıştır. Daha sonra örnek Whatman No:1 filtre kağıdı ile süzülmüştür. Elde edilen filtrat üzerine 1' e 13 oranında distile su eklenmiş ve 50 µl'si testte kullanılmıştır.

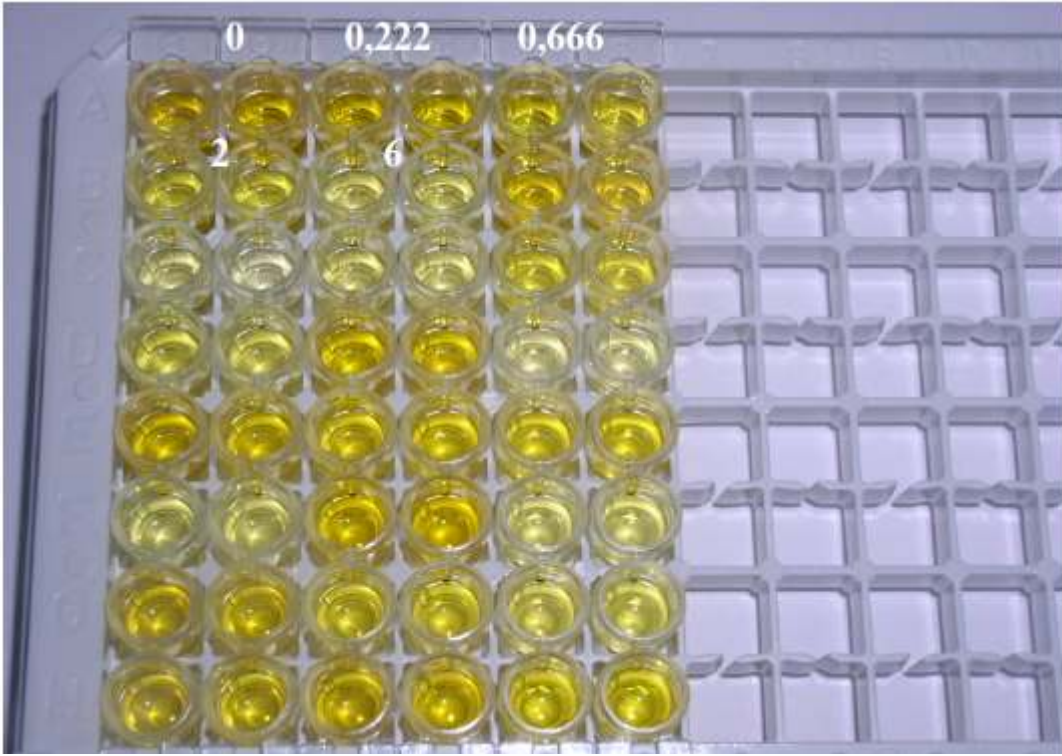
3.2.3. Test Prosedürü

Kullanılan kit içindeki ELISA tabağındaki kuyucuklar antikorla kaplı olup bu kuyucuklara toksin standartları, örnek solusyonları, antijen-antikor birleşmesini sağlayan konjugat ve tekrar antikor eklenmiş ve oluşan reaksiyon kromojen ile boyanarak 450 nm'de fotometrik olarak absorbans değeri üzerinden her örnekteki fumonis miktarı saptanmıştır.

Testlere başlamadan önce bütün kullanılacak malzemeler oda sıcaklığına çıkarılmış ve 1 saat beklenmiştir. Kontaminasyonu engellemek amacıyla her aşamada yeni pipet ucu kullanılmıştır.

Test için izlenen işlem basamakları:

- 1- Analiz için gerekli sayıda kuyucuk ELISA tabağına yerleştirilip standart ve örneklerin yerleşimi kaydedilmiştir.
- 2- Plana göre kuyucuklara 50 µL standart ve örnek enjekte edilmiştir.
- 3- Her kuyucuğa önce 50 µL konjugat, sonra fumonis antikor eklenip reaksiyon için oda sıcaklığında 10 dakika inkubasyona bırakılmıştır.
- 4- Inkubasyon sonunda kuyucuklar yaklaşık 250 µL yıkama çözeltisi ile 3 defa yıkanmış ve hücreler içinde sıvı kalmaması için 3 kere havlu kağıt üzerine hafif sert bir şekilde vurulmuştur.
- 5- Yıkama işleminden sonra 100'er µL boyar madde olarak substrat-kromojen eklenip reaksiyon için 5 dakika daha oda sıcaklığında ve karanlıkta inkubasyona bırakılmıştır.
- 6- Inkubasyon bittikten sonra, reaksiyonu durdurmak amacıyla 100'er µL stop solusyonu ilave edilip renk dönüşümünün ardından sonuç 450 nm'de ELISA okuyucusu ile okunmuştur, fumonis miktarı ppm düzeyinde tespit edilmiştir.



Şekil 3.1: Okuyucuda okunmaya hazır ELISA tabağı (microtiter plate).

4. BULGULAR

Bu çalışmada mısır ve mısır bazlı gıdalar için bir risk faktörü olan fumonisin düzeyini araştırmak için analize alınan toplam 75 adet ürünün sonuçları Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ'e göre değerlendirilmiş ve sonuçlar Tablo 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4'te verilmiştir.

Mısır unu örneklerinden fumonisin tespit edilen 14 örnekten 6'sının analiz sonucunun söz konusu tebliğde mısır unlarına dair limit değer olan 2000 µg/kg'nin üzerinde olduğu, 8'inin sonucunun bu değerin altında kaldığı tespit edilmiştir. Onbir örnekte ise analiz yönteminin tespit edebildiği en düşük değer olan 222 µg/kg'nin altında sonuç elde edilmiştir. Fumonisin tespit edilen örnekler içinde en yüksek değer 5580 µg/kg, en düşük değer 440 µg/kg olarak saptanmıştır.

Mısır gevreği ve konservelerinde saptanan değerlerin limit değerlerin altında olduğu saptanmıştır. Mısır gevreği örneklerinden 2'sinde fumonisin tespit edilmiş; ancak saptanan 257 ve 461 µg/kg'lık değerlerin söz konusu tebliğdeki limit değer olan 800 µg/kg'nin altında olduğu görülmüştür. Sadece 1 örnekte fumonisin tespit edilen mısır konservesi örneklerinde de 392 µg/kg'lık değerin tebliğdeki 1000 µg/kg'nin altında olduğu saptanmıştır.

Tablo 4.1: Mısır unu örneklerinde ELISA ile yapılan fumonisin analizi sonuçları (1-11).

Mısır Unu Örnekleri	Fumonisin (mg/kg)
MU-1	3,12
MU-2	0,748
MU-3	<0,222
MU-4	<0,222
MU-5	<0,222
MU-6	T.E.
MU-7	<0,222
MU-8	5,58
MU-9	0,516
MU-10	<0,222
MU-11	0,893

T.E.: Tespit Edilmedi.

Tablo 4.1: devam (12-25).

Mısır Unu Örnekleri	Fumonisin (mg/kg)
MU-12	0,675
MU-13	4,95
MU-14	2,02
MU-15	0,44
MU-16	4,81
MU-17	<0,222
MU-18	1,61
MU-19	4,58
MU-20	<0,222
MU-21	1,73
MU-22	1,23
MU-23	<0,222
MU-24	<0,222
MU-25	T.E.

T.E.: Tespit Edilmedi.

Tablo 4.2: Mısır gevreği örneklerinde ELISA ile yapılan fumonisin analizi sonuçları (1-12).

Mısır Gevreği Örnekleri	Fumonisin (mg/kg)
MG-1	<0,222
MG-2	<0,222
MG-3	<0,222
MG-4	<0,222
MG-5	<0,222
MG-6	<0,222
MG-7	<0,222
MG-8	<0,222
MG-9	<0,222
MG-10	<0,222
MG-11	0,257
MG-12	<0,222

Tablo 4.2: devam (13-25).

Mısır Gevreği Örnekleri	Fumonisin (mg/kg)
MG-13	0,461
MG-14	<0,222
MG-15	<0,222
MG-16	<0,222
MG-17	<0,222
MG-18	<0,222
MG-19	<0,222
MG-20	<0,222
MG-21	<0,222
MG-22	<0,222
MG-23	<0,222
MG-24	<0,222
MG-25	<0,222

Tablo 4.3: Mısır konservesi örneklerinde ELISA ile yapılan fumonisin analizi sonuçları (1-12).

Mısır Konservesi Örnekleri	Fumonisin (mg/kg)
MK-1	<0,222
MK-2	<0,222
MK-3	<0,222
MK-4	<0,222
MK-5	<0,222
MK-6	0,392
MK-7	<0,222
MK-8	<0,222
MK-9	<0,222
MK-10	<0,222
MK-11	<0,222
MK-12	<0,222

Tablo 4.3: devam (13-25).

Mısır Konservesi Örnekleri	Fumonisin (mg/kg)
MK-13	<0,222
MK-14	<0,222
MK-15	<0,222
MK-16	<0,222
MK-17	<0,222
MK-18	<0,222
MK-19	<0,222
MK-20	<0,222
MK-21	<0,222
MK-22	<0,222
MK-23	<0,222
MK-24	<0,222
MK-25	<0,222

Tablo 4.4: Mısır unu, mısır gevreği ve mısır konservesi örneklerinin karşılaştırmalı analiz sonuçları.

Analiz sonuçları (mg/kg)	Mısır unu örnekleri (adet)	Mısır gevreği örnekleri (adet)	Mısır konservesi örnekleri (adet)
<0,222	11	23	24
0,222 – 0,49	1	2	1
0,5 – 0,99	4	-	-
1,00 – 1,99	3	-	-
≥2,00	6	-	-

5. TARTIŞMA

Gıdalardaki sağlık risklerinin etkileri üzerine yapılan araştırmalarda mikotoksinlerin çok yüksek riske sahip olduğu bulunmuştur. Gelişmiş ülkeler mikotoksinleri insan sağlığı üzerine etkileri sebebiyle ulusal ve uluslararası yapılan bilimsel araştırmalara mali destek vererek incelemektedirler. Bu kapsamda fumonisinlerle ilgili çalışmalar da son yıllarda büyük ivme kazanmıştır.

Fumonisinler başlıca *F. verticillioides* (*F.moniliforme*) ve *F. proliferatum* tarafından üretilmektedir. Mısır taneleri ve unu, mısır konservesi, mısır gevreği gibi mısır bazlı gıdalar ile pirinç, bira ve süt gibi gıdalarda görülen fumonisinlerin üreticisi olan bu küfler toksin oluşturmak için yüksek su aktivitesine ihtiyaç duymaktadırlar. Yapılan çalışmalarda artan fumonisin düzeylerinin artan bölgesel sıcaklıkla orantılı olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Epidemiyolojik araştırmalarda fumonisinlerle kontamine olan mısırları tüketen insanların yaşadığı bölgelerde yüksek oranlarda özafagus (yemek borusu) kanseri saptanmıştır. Ayrıca fumonisinlerle kontamine yemlerin tüketilmesiyle hayvanlarda karaciğer ve böbrek zehirlenmeleri, karaciğer kanseri, atlarda FB₁ 'in damar içine verilmesiyle nörotoksik bir hastalık olan equine leukoencephalomalacia - lökoensofalit (beyin iltihabı-ELEM) ve domuzlarda porcine pulmonary edema – akciğer ödemi (PPE) gibi hastalıklara rastlanmıştır (Nelson ve ark., 1993; Patricia ve ark., 2006). Fumonisin B₁'in insanlarda kanserojen (Grup 2B) olduğunu Uluslararası Kanser Araştırma Birliği (IARC) bildirmiştir (IARC, 1993).

Fumonisin oluşumu ve kontaminasyonunun sahada, hasatta veya hasattan sonra, depolama ya da ürünün işlenmesi sırasında olabileceği tespit edilmiştir. Bu sebeple depolamada danelerdeki nem içeriği % 13,5 – 14'ü geçmeyecek şekilde kurutulup, temizliği yapılmış silolarda 10–15 °C'de saklanırsa kontamine olmuş danelerde dahi küflerin gelişmeleri ve toksin oluşturmalarının önleendiği bulunmuştur (Tunail, 2000). Kontamine ürünlerin işlenmesi sırasında ise 150°C'ye kadar uygulanan ısı ile işlemlerle fumonisin miktarında önemli azalma saptanmıştır (Flynn et.al.,1997; Parry ve ark., 1995). Daha yüksek sıcaklıklarda ürünlerin ısıtılmasıyla fumonisin düzeylerinin % 60-80 azaldığı tespit edilirken kızartmayla ilgili sonuçlar değişkenlik göstermektedir. İşleme yöntemlerinden ıslak öğütmenin fumonisin kalıntısı üzerine etkisine dair yapılan araştırmalar, bu kalıntıların mısır nişastasında ve mısır şurubunda tespit edilebilir düzeyin altında olduğunu ortaya koymuştur. Benzer etkiler kuru öğütme prosesi için de belirlenmiştir (Saunders ve ark., 2001). İyonize

radasyon uygulaması patojenik mikroorganizmaları dekontamine etmekte kullanılmaktadır. Gama ışınlarının *Fusarium* cinsi küfler ve fumonisin üzerine etkisi araştırılmış, örneklerdeki canlı *Fusarium* sayısının, radasyon dozu arttıkça azaldığı tespit edilmiştir (Aziz ve ark., 2007). Araştırma sonucunda gama ışınlarının fumonisini yok etmekte etkili olduğu bulunmasına rağmen, gama ışınları ile ışınlanmış küf hücreleri ve gıda maddelerinin etkileşimine dair daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada İstanbul'daki çeşitli marketlerde satışa sunulan 25'er adet konserve mısır, mısır unu ve mısır gevreği örnekleri analize alınmıştır. Söz konusu ürünlerdeki fumonisin varlığı, hızlı bir yöntem olması ve Türk Gıda Kodeksi'nde belirlenmiş limit değerlere göre incelenecek örneklerdeki fumonisini nicelik açısından tespit edebilecek olması sebebiyle ELISA yöntemiyle test edilmiştir. Toplam 75 adet ürünün analiz sonuçları Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ'e göre değerlendirilmiştir.

Mısır unu örneklerinden fumonisin tespit edilen 14 örnekten 6'sının analiz sonucunun söz konusu tebliğde mısır unlarına dair limit değer olan 2000 µg/kg'nin üzerinde olduğu, 8'inin sonucunun bu değer altında kaldığı tespit edilmiştir. 11 örnekte ise analiz yönteminin tespit edebildiği en düşük değer olan 222 µg/kg'nin altında sonuç elde edilmiştir. Fumonisin tespit edilen örnekler içinde en yüksek değer 5580 µg/kg, en düşük değer 440 µg/kg olarak saptanmıştır. Mısır gevreği ve konservelerinde ise saptanan değerlerin limit değerlerin altında olduğu görülmüştür. Mısır gevreği örneklerinden 2'sinde fumonisin tespit edilmiş; ancak saptanan 257 ve 461 µg/kg'lık değerlerin söz konusu tebliğdeki limit değer olan 800 µg/kg'nin altında olduğu görülmüştür. Sadece 1 örnekte fumonisin tespit edilen mısır konservesi örneklerinde de 392 µg/kg'lık değer tebliğdeki 1000 µg/kg'nin altında olduğu saptanmıştır.

Birçok ülkede tahıl ürünlerinde fumonisinlerin bulunuşları ile ilgili veriler toplanmaktadır. Gıdalardaki *Fusarium* toksinleri ile ilgili 9 Avrupa ülkesini kapsayan SCOOP raporu 2003 yılında yayınlanmıştır (SCOOP, 2003). FB₁'in mısır ve ürünlerinde meydana gelişleriyle ilgili yapılan araştırma sonuçlarına göre analize tabi tutulan 5211 örneğin % 60'nın kontamine olduğu saptanmıştır. En yüksek kontaminasyona Okyanusya ülkelerinde (82 örneğin %82 sinde), Afrika'da (383 örnekte %77), Latin Amerika'da (266 örneğin %85), Güney Amerika'da (1662 örneğin %63), Avrupa'da (1918 örneğin % 53) ve Asya'da (900 örnekten % 52) rastlanmıştır. Elde edilen verilere göre mısır ve yan ürünlerinin kontaminasyon düzeyinin kaynağına göre farklılık gösterdiği belirtilmiştir. En yüksek

kontaminasyonun, hayvan yemi olarak kullanılan mısırlarda tespit edildiği, bunu yan ürünleri ya da işlenmiş ürünlerinden un, polenta, irmik ve diğer ürünlerin izlediği rapor edilmiştir.

Sydenham ve ark. (1991), Pestka ve ark. (1994), Machinski ve Valente (2000), Castells ve ark. (2008) ile Tuncel ve Yılmaz (2009) mısır unu, mısır gevreği ve mısır konservesi örnekleriyle yaptıkları çalışmalarda, fumonisin düzeyi açısından çalışmamızla paralel sonuçlar elde etmişlerdir.

Sydenham ve ark. (1991) tarafından yapılan çalışmalarda, 52 mısır unu örneğinden 46 tanesinde ortalama olarak 0,14 mg/kg düzeyinde, Pestka ve ark. (1994)'nın çalışmasında ise ELISA yöntemi ile incelenen 14 mısır unu örneğinin 9'unda fumonisin tespit edilmiştir. Machinski ve Valente (2000) 9 mısır ununun tamamında 0,56 – 4,93 mg/kg düzeyinde, Castells ve ark. (2008) ise 90 mısır unu örneğinin tamamında 0,892–6,307 mg/kg düzeyleri arasında fumonisin tespit etmişlerdir. Bu çalışmada ise incelenen 25 mısır unu örneğinin 14'ünde 0,44–5,58 mg/kg düzeyinde fumonisin tespit edilmiş olup önceki çalışmalarda olduğu gibi incelenen örneklerin %50'sinden daha fazla örnekte fumonisin tespit edilebildiği ve tespit edilen bu örneklerden de ilgili mevzuattaki limiti aşan örneklerin olduğu görülmüştür.

Mısır gevrekleri ile yapılan çalışmalarda ise genel olarak fumonisin tespit edilen örneklerin, tüm örneklerin %25'ini geçmediği saptanmıştır. Sydenham ve ark. (1991) inceledikleri 3 mısır gevreği örneğinde fumonisin tespit edememiş, Machinski ve Valente (2000) ise 4 örneğin 1 tanesinde 0,66 mg/kg düzeyinde fumonisin tespit etmiştir. Castells ve ark. (2008) tarafından ELISA yöntemi ile yapılan çalışmada 47 mısır gevreğinin %21'inde fumonisin tespit edilmiş; ancak değerler Avrupa Birliği Komisyonu'nun fumonisin düzeyine dair kararına (European Commission Regulation, 2007) göre belirlenmiş 800 µg/kg'dan düşük seviyede bulunmuştur. Bu çalışmada da, 25 adet örneğin 2 tanesinde fumonisin tespit edilmiş ve bulunan değerlerin mevzuatımızdaki limit değerinin altında olduğu saptanmıştır.

Mısır gevreklerinde olduğu gibi mısır konservelerinde de benzer sonuçlar elde edilmiş olup, genel olarak incelenen örneklerde fumonisin tespit edilememiş veya yasal limitlerin altında fumonisin düzeyi saptanmıştır. Kim ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışmada 5 mısır konservesi örneği incelenmiş, hiçbirinde fumonisin tespit edilememiştir. Machinski ve Valente (2000) ise 11 örnekten 2'sinde 0,08 mg/kg'dan daha düşük düzeylerde fumonisin tespit etmişlerdir.

Çanakkale'deki marketlerde satışa sunulan mısır ve mısır bazlı gıdalarla yapılan bir çalışmada, fumonisin kontaminasyonu miktarı HPLC ile analiz edilmiştir. Mısır unu, mısır nişastası, mısır konservesi, kahvaltılık mısır gevreği, soslu mısır çerezi, mısır kavurgası, cin mısır, mısır cipsi ve mısır ekmeği olmak üzere 9 farklı üründe toplam 27 örnek incelenmiştir.

Sonuç olarak; mısır kavurgası, soslu mısır çerezi, mısır konservesi ve mısır nişastası örneklerinde fumonisin kontaminasyonuna rastlanmazken, incelenen diğer örneklerde değişen miktarlarda fumonisin tespit edilmiştir. Bununla birlikte kontamine örneklerin tümünde fumonisin miktarının Türk Gıda Kodeksi'nde belirtilen yasal limitlerin altında bulunduğu bildirilmiştir (Tuncel ve Yılmaz, 2009).

Yapılan çalışmalar ile fumonisin düzeyinin genel olarak mısır ve mısır unlarında yüksek konsantrasyonlarda, kahvaltılık mısır gevreklerinde ve mısır konservelerinde daha düşük konsantrasyonlarda tespit edildiği görülmüştür. Bu durumun muhtemelen mısır unu üretiminde kullanılan hammaddelerin gerekli kalite kontrolden geçirilmemesi ile ilgili olduğu düşünülmekte ve kontamine mısır danelerinin üretimde kullanıldığı şüphesi oluşmaktadır. Gerek mısır gevreği gerekse mısır konservesi üretiminde, son ürünün duyu özelliklerini direkt etkileyebileceğinden dolayı, hammadde seçiminde daha titiz davranılması sebebiyle bu ürünlerin tamamına yakınında fumonisin tespit edilmemiş olduğu düşünülmektedir. Ayrıca mısır unu üreten firmaların, mısır gevreği ve mısır konservesi üreten firmalara göre daha küçük kapasiteli ve bütçeli firmalar olması sebebiyle HACCP şartlarına uyma düzeyinin ve bilincinin de etken olduğu düşünülmektedir. Diğer taraftan mısır unları için sadece fiziksel bir proses uygulanırken; diğer ürünlerde farklı proseslerin (haşlama, pişirme, kurutma, fırınlama, vb.) de uygulanması fumonisin düzeyindeki farklılıkların nedenleri arasında sayılabilir. Farklı prosesler ile özellikle mısır gevreği üretiminde 300°C'lere kadar çıkılmakta ve ürünlerdeki nem içeriği %25-30 seviyelerine düşmektedir.

Mısır ve mısır bazlı gıdaların tüketiminin artması, ayrıca mısır işleyen sanayi tesislerinin (özellikle nişasta ve glikoz) kurulmasıyla birlikte, mısırın kullanım alanlarında hızlı bir artış kaydedilmiştir. Ülkemizde mısır kullanım alanlarının genişliği, mısıra dayalı sanayinin gelişen bir sanayi olması ve bu sanayinin ürünlerinin diğer birçok sektör için ara madde olması, Türkiye'nin mısır ve mısıra dayalı ürünlerde ihracat potansiyelinin bulunması gibi nedenlerle ülkemiz açısından mısır tarımının önemi artmaktadır.

Mısır bazlı ürünlerin halk sağlığı açısından riskli olup olmadıklarının tespitini amaçlayan çalışmamızda mısır unlarının fumonisin düzeyi açısından riskli bir ürün olduğu, mısır gevreği ve mısır konservelerinin ise halk sağlığını tehdit edecek düzeyde bir riske sahip olmadıkları tespit edilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre fumonisin açısından riskli gıda gruplarından özellikle mısır unlarının çalışmamızda yaklaşık olarak %24 düzeyinde Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ'deki belirlenmiş sınır değerleri aşması ve fumonisinlerle ilgili olarak ülkemizde mısır ve ürünleri için maksimum

limitlere ilişkin sınırlamaların henüz 2008 yılında belirlenmesi sebebiyle, fumonisin üreten küflerin ekolojileri ve epidemiyolojileriyle ilgili daha kapsamlı araştırmaların yapılması, tarla ve depolama koşullarında fumonisin oluşumuna etki eden faktörlerin irdelenmesine dair araştırmalar yapmak, hayvanlar ve insanlar açısından risk analizi yapmak, tahmin edilen günlük alım miktarlara göre fumonisinlerin insan sağlığı üzerine olan etkilerini araştırarak çalışmalara sağlıklı bir toplum için ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abbas, H.K., Mirocha, C.J., Pokorney, J.D., Gould S.L. ve Kommodahl, T. (1988). Mycotoxins of *Fusarium* spp. associated with infected ears of corn in Minnesota. *Applied and Environmental Microbiology*, 54, 1033-1039.
- Aksoy, U., Eltem, R., Kösoğlu, İ., Gezgın, Y. ve Meyvacı, K.B. (2006). Kuru İncir (*Ficus carica* ev. Sarılop) Meyvelerinde Fumonisin Varlığının Araştırılması. TÜBİTAK TOVAG Proje No: 1050032, 1-33.
- Anonim, (2008). Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ (2008/26). Resmi Gazete 17.05.2008. Sayı: 26879, Ankara.
- Arranz, I., Van Baeyens, W. R. G., Van Der Weken G., De Saeger S. ve Peteghem, C. (2004). Review: HPLC Determination of Fumonisin Mycotoxins. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44, 195-203.
- Aziz, N.H., El-Far, F.M., Shahin, A.A.M. ve Roushy, S.M. (2007). Control of *Fusarium* moulds and fumonisin B₁ in seeds by gamma-irradiation. *Food Control*, 18, 1337–1342.
- Babaoğlu, M. (2005). Mısır ve Tarımı. Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Edirne. Erişim 19.12.2009, www.ttae.gov.tr/makaleler/misir_tarimi.htm
- Baysal, A. (1999). *Beslenme*. Ankara: Hatiboğlu Yayınları: 93, 275-272.
- Beyoğlu, D. (2002). İstanbul’da satılan işlenmiş hububat ve bakliyat ürünlerinde deoksinivalenol (vomitoksin) aranması. Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Bird, C.B., Malone B., Rice, L.G., Ross, P. F., Eppley, R. ve Mohamed, M. (2002). Determination of total fumonisins in corn by competitive direct enzyme-linked immunosorbent assay: Collaborative Study. *The Journal of AOAC International*, 85 (2): 404-410.
- Bittencourt, A.B.F., Oliveira, C.A.F., Diklin, P. ve Correa, B. (2005). Mycotoxin occurrence in corn meal and flour traded in São Paulo, Brazil. *Food Control*, 16 (2): 117-120.

- Bottalico, A. (1998). *Fusarium* diseases of cereals: species complex and related mycotoxin profiles, in Europe. *European Journal of Plant Pathology*, 80 (2): 85-103.
- Castella, G., Bragulat, M. R. ve Cabanes, F. J. (1999). Surveillance of fumonisins in maize-based feeds and cereals from Spain. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47, 4707–4710.
- Castells, M., Marín, S., Sanchis, V. ve Ramos, A.J. (2008). Distribution of fumonisins and aflatoxins in corn fractions during industrial cornflake processing. *International Journal of Food Microbiology*, 123, 81–87.
- Cleveland, T.E., Doxd, P.F., Desjardins, A.E., Deepak, B. ve Cotty, P.J. (2003). United States Department of Agriculture research on pre-harvest prevention of mycotoxins and mycotoxigenic fungi in US crops. *Pest Management Science*, 59, 629-642.
- Dasko, L., Rauova, D., Belajova, E. ve Kovac, M. (2005). Determination of fumonisins B₁ and B₂ in beer. *Czech Journal of Food Sciences*, 23. 20–26.
- Doğan, A. ve Tuzcu, M. (2001). Fumoniziner. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 7 (2): 237-244.
- Doko, M.B., Rapior, S., Visconti, A. ve Schjth, J.E. (1995). Incidence and levels of fumonisin contamination in maize genotypes grown in Europe and Africa. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 43, 429–434.
- D'Ovidio, K.L., Trucksess, M.W., Devries, J.W. ve Bean, G. (2007). Effects of irradiation on fungi and fumonisin B₁ in corn and of microwave-popping on fumonisins in popcorn. *Food Additives and Contaminants*, 24 (7): 735.
- Edwards, S.G. (2004). Influence of agricultural practices on *Fusarium* infection of cereals and subsequent contamination of grain by trichothecene mycotoxins, *Toxicology Letters*, 153, 29-35.
- Elçi, S., Kolsarıcı, Ö. ve Geçit, H.H. (1987). *Tarla Bitkileri*. Ankara: A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları. No:100, Ofset Basım:30.

- Elden, E. ve Tağı, Ş. (2001). Tarımsal ürünlerde mikotoksinlerin önemi. *Ekin*, 5 (17): 38-43.
- Erzurum, K. (2001). Fumonisinlerin insan sağlığı açısından önemi ve detoksifikasyonları. *Gıda*, 26 (1): 41-46.
- Erzurum, K. (1996). *İnsan Ve Hayvanlara Toksik Fungus Metabolitleri*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın No: 1460.
- European Commission Regulation, (2007). *Official Journal of the European Union*, EC No: 2007/1126, L 255: 14-17.
- FAO, (2007). On-Farm Mycotoxin Control In Food and Feed Grain. Erişim 29.01.2010, <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1416e/a1416e02.pdf>
- Flynn, T.J., Stack, M.E., Troy, A.L. ve Chirtel, S.J. 1997. Assessment of the embryotoxic potential of the total hydrolysis product of FB₁ using cultured organogenesis-staged rat embryos. *Food and Chemical Toxicology*, 35, 1135 – 1141.
- Franceschi, S., Bidoli, E., Baron, A.E. ve La Vecchia, C. (1990). Maize and risk of cancers of the oral cavity, pharynx and esophagus in Northeastern Italy. *Journal of National Cancer Institute*, 82, 1407–1411.
- Galvano, F., Piva, A., Ritieni, A. ve Galvano, G. (2001). Dietary strategies to counteract the effects of mycotoxins: a review. *Journal of Food Protection*, 64 (1): 120-131.
- Gelderblom, W.C.A., Jaskiewicz, K., Marasas, W.F.O., Thiel, P.G., Horak, R.M., Vleggaar, R. ve Kriek, N.P.J. (1988). Fumonisin- novel mycotoxins with cancer-promoting activity produced by *Fusarium moniliforme*. *Applied Environmental Microbiology*, 54, 1806-1811.
- Gong, H.Z., Ji, R., Li, Y.X., Zhang, H.Y., Li, B., Zhao, Y. Sun, L., Yu F. ve Yang, J. (2009). Occurrence of fumonisin B₁ in corn from the main corn-producing areas of China. *Mycopathologia*, 167 (1): 31-36.
- Grob, R.L. ve Barry, E.F. (2004). *Modern Practice of Gas Chromatography*. (4th ed.). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Gül, H. ve Özçelik, S. (2000). Hububatlarda mikrobiyel bulaşma ve bozulmalar. *Gıda*, 26 (1): 33-39.

Humpf, H.U. ve Voss, K.A. (2004). Effects of thermal food processing on the chemical structure and toxicity of fumonisin mycotoxins. *Molecular Nutrition and Food Research*, 48 (4): 255.

Hussein, H.S. ve Brasel, J.M. (2001). Toxicity, metabolism and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology*, 167, 101-134.

IARC, (1993). *International Agency for Research on Cancer Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*. Vol: 56. Erişim 19.11.2009, <http://monographs.iarc.fr>

İGEME, (2009). *2008 Yılı Hububat Raporu*. T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi. Erişim 29.01.2010, <http://www.igeme.org.tr>

Jackson, L.S., Katta, S.K., Fingerhut, D.D., DeVries, J.W. ve Bullerman, L.B. (1997). Effects of baking and frying on the fumonisin B₁ content of corn-based foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 4800-5.

Kabak, B. ve Var, I. (2005). Işınlamanın küf gelişimi ve mikotoksin kontrolü üzerine etkisi. *Gıda*, 30 (1): 197-201.

Karagözlü, N. ve Karapınar, M. (2000). Bazı tahıl ve ürünlerinde okratoksin A ve fungal kontaminasyon. *Turkish Journal of Biology*, 24, 561-572.

Karbancıoğlu-Güler, F. ve Heperkan, D. (2009). Natural occurrence of fumonisin B₁ in dried figs as an unexpected hazard. *Food and Chemical Toxicology*, 47: 289-292.

Kawashima, L.M., Vieira, A.P. ve Valente Soares, L.M. (2007). *Fumonisin B₁ and ochratoxin A in beers made in Brazil*. Erişim 29.01.2010, http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612007000200019&script=sci_arttext

Kaya, S. ve Yarsan, E. (1995). Yem ve yem hammaddelerinde küflenmenin önlenmesi ve mikotoksinlerle kirletilmiş bu tür yemlerin değerlendirilmesine yönelik uygulamalar. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 42 (2): 111-122.

- Kırtok, Y. (2008). *Mısır Yetiştiriciliği*. Erişim 19.12.2009, www.tarim.gov.tr/uretim/Bitkisel_Uretim,Misir_Yetistiriciligi.html
- Kim, E.K., Maragos, C.M. ve Kendra, D.F. (2004). Liquid chromatographic determination of fumonisins B₁, B₂, and B₃ in corn silage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (2): 196-200.
- Kim, E.-K., Shon, D.-H., Chung, S.-H. ve Kim, Y. B. (2002). Survey for fumonisin B₁ in Korean corn-based food products. *Food Additives and Contaminants*, 19, 459–464.
- Kösoğlu-Vural, İ. (2008). Sarılop İncir (*Ficus Carica* L.) Çeşidinin Kurutulmuş Meyvelerinde Fumonisin Varlığının Araştırılması. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 2008.
- Krska, R., Welzig, E. ve Boudra, H. (2007). Analysis of fusarium toxins in feed. *Animal Feed Science and Technology*, 137, 241-264.
- Kün, E. (1997). *Tahıllar II (Sıcak İklim Tahılları)*. Ankara: A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No:1452, Ders Kitabı No: 432.
- Leeson, S.H. ve Summers, J.D. (1991). *Commercial Poultry Nutrition*. Guelph, Ontario, Canada: University Books.
- Li, F.Q., Yoshizawa, T., Kawamura, O., Luo, X.Y. ve Li, Y.W. (2001). Aflatoxins and fumonisins in corn from the high-incidence area for human hepatocellular carcinoma in Guangxi, China. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 49, 4122-4126.
- Lino, C.M., Silva L.J.G., Pena A., Fernandez, M. ve Manes J. (2007). Occurrence of fumonisin B₁ and B₂ in broa, typical Portuguese maize bread. *International Journal of Food Microbiology*, 118, 79–82.
- Logrieco, A. ve Bottalico, A., (2002). Toxigenic Fusarium species and mycotoxins associated with maize ear rot in Europe. *European Journal of Plant Pathology*, 108, 685-690.
- Machinski, M. ve Valente, L. M., (2000). Fumonisin B₁ and B₂ in Brazilian corn-based food products. *Food Additives and Contaminants*, 17, 875–879.

- Marin, S., Magan, N., Serra, J., Ramos, A.J., Canela, R. ve Sanchis, V. (1999). Fumonisin B₁ production and growth of *Fusarium moniliforme* and *Fusarium proliferatum* on maize, wheat and barley grain. *Journal of Food Science*, 64, 921-924.
- Martins, M. L., Martins, H. M. ve Bernardo, F. (2001). Fumonisin B₁ and B₂ in black tea and medicinal plants. *Journal of Food Protection*, 64, 1268–1270.
- McKenzie, K.S., Sarr, A., Mayura, K., Bailey, R.H., Miller, D.R., Rogers, T.D., Norred, W.P., Voss, K.A., Plattner, R.D. ve Phillips, T.D. (1997). Chemical degradation of diverse mycotoxins using a novel method of ozone production. *Food and Chemical Toxicology*, 35, 807–20.
- Murphy, P.A., Hendrich, S., Landgren, C. ve Bryant, C.M. (2006). Food mycotoxins: An update. *Journal of Food Science*, 71 (5): 51-65.
- Muschen, H. ve Frank, K. (1994). Mycotoxins in oilseeds and risks in animal production. In: *Moulds, Mycotoxins and Food Preservation in the Food Industry*. Parsippany, New Jersey: BASF Corporation.
- Musser, S.M. ve Plattner, R.D. (1997). Fumonisin composition in cultures of *Fusarium moniliforme*, *Fusarium proliferatum*, and *Fusarium nygami*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 1169-1173.
- Müller, G. ve Weber, H. (1996). *Mikrobiologie der Lebensmittel. Grundlagen*. (8. Auflage). Hamburg: B. Behr's Verlag GmbH.
- Nelson, P.E., Desjardins, A.E. ve Plattner, R.D. (1993). Fumonisin, mycotoxins produced by *Fusarium* species. Biology, Chemistry and Significance Annu. Rev. *Phytopathology*, 31, 233-252.
- Oliveira G.P.R ve Rodriguez-Amaya D.B. (2007). Processed and prepared corn products as sources of lutein and zeaxanthin: Compositional variation in the food chain. *Journal of Food Science*, 72, 79-85.
- Omurtag, G.Z. (2001). Determination of fumonisin B₁ and B₂ in corn and corn-based products in Turkey by high- performance liquid chromatography. *Journal of Food Protection*, 64, 873–876.

Omurtag G.Z. ve Yazicioglu D. (2004). Determination of fumonisins B₁ and B₂ in herbal tea and medicinal plants in Turkey by high performance liquid chromatography. *Journal of Food Protection*, 67 (8): 1782-1786.

Omurtag, G.Z., Yazıcıoğlu, D., Beyoğlu, D., Tozan A. ve Atak, G. (2006). A review on fumonisin and trichothecene mycotoxins in foods consumed in Turkey. *Ari, The Bulletin of the Istanbul Technical University*, 54(4): 39-44.

Ono, E.Y.S., Ono, M.A., Funo, F.Y., Medina, A.E., Oliveira T.C.R.M., Kawamura O., Ueno, Y. ve Hirooka, E.Y. (2001). Evaluation of fumonisin-aflatoxin co-occurrence in Brazilian corn hybrids by ELISA. *Food Additives and Contaminants*, 18, 719-729.

Oruç, H.H. (2005). Mikotoksinler ve Tanı Yöntemleri. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 24: 1-2-3-4: 105-110.

Oruç, H.H., Cengiz, M. ve Kalkanlı, Ö. (2006). Comparison of aflatoxin and fumonisin levels in maize grown in Turkey and imported from the USA. *Animal Feed Science and Technology*, 128, 337-341.

Overy, D.P., Seifert, K.A., Savard, M.E. ve Frisvard, J.C. (2003). Spoilage fungi and their mycotoxins in commercially marketed chestnuts. *International Journal of Food Microbiology*, 2737, 1-9.

Özcan, S. (2009). Modern dünyanın vazgeçilmez bitkisi mısır: Genetiği değiştirilmiş (Transgenik) mısırın tarımsal üretime katkısı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 2(2): 01-34.

Park, J.W., Choi, S.Y., Hwang, H. ve Kim, Y. (2005). Fungal mycoflora and mycotoxins in Korean polished rice destined for humans. *International Journal of Food Microbiology*, 103, 305– 314.

Parry, D.W., Jenkinson, P. ve McLeod, L. (1995). *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals . A review. *Plant Pathology*, 44, 207-238

- Patricia, A., Hendrich, S., Landgren, C. ve Bryant, C.M. (2006). Food mycotoxins: An update. *Journal of Food Science*, 71 (5): 51-65.
- Pekel, A.Y. ve Demirel, G. (2007). Yaş mısır gluten yeminin besi ve süt sığır rasyonlarında kullanımı. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 33 (3): 67-75.
- Pestka, J.J., Azcona-Olivera, J.I., Plattner, R.D., Minervini, F., Doko, M.B. ve Visconti, A. (1994). Comparative assessment of fumonisin in grain-based foods by ELISA, GC-MS, and HPLC. *Journal of Food Protection*, 57, 169-172.
- Pittet, A. 1998. Natural occurrence of mycotoxins in foods and feeds - an updated review. *Revue de Medecine Veterinaire*, 149 (6): 479-492.
- Pohland, A. E. (1996). Occurrence of fumonisins in the U.S. food supply. *Advances in Experimental and Medicine Biology*, 392, 19-26.
- Preis, R.A. ve Vargas, E.A. (2000). A method for determining fumonisin B₁ in corn using immunoaffinity column clean-up and thin layer chromatography/densitometry. *Food Additives and Contaminants*, 17, 463-468.
- Quan, Y, Zhang,, Y., Wang, S., Lee, N. ve Kennedy, I.R. (2006). A rapid and sensitive chemiluminescence enzyme-linked immunosorbent assay for the determination of fumonisin B₁ in food samples. *Analytica Chimica Acta*, 580, 1-8.
- Rheeder, J. P., Marasas, W. F. O. ve Vismer, H. F. (2002). Production of fumonisin analogs by *Fusarium* species. *Applied and Environmental Microbiology*, 68, 2101-2105.
- Rheeder, J. P., Marasas, W. F. O., Thiel, P. G., Sydenham, E. W., Shepard, G. S. ve Van Schalkwyk, D. J. (1992). *Fusarium moniliforme* and fumonisins in corn in relation to human oesophageal cancer in Transkei. *Phytopathology*, 82, 353-357.
- Riley, R.T., Voss, K.A., Norred, W.P., Sharma, R.P., Wang, E. ve Merrll, A.H. (1998). Fumonisin: mechanism of mycotoxicity. *Revue de Medecine Veterinaire*, 149 (6): 617-626.
- Sabuncuoğlu, S.A., Baydar, T., Giray, B. ve Şahin, G. (2008). Mikotoksinler: Toksik etkileri, degradasyonları, oluşumlarının önlenmesi ve zararlı etkilerinin azaltılması. *Hacettepe Üniversitesi. Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 28 (1): 63-92.

Samapundo, S., Devlieghere, F., De Meulenaer, B., Lamboni, Y., Osei-Nimoh, D. ve Debevere, J.M. (2007). Interaction of water activity and bicarbonate salts in the inhibition of growth and mycotoxin production by *Fusarium* and *Aspergillus* species of importance to corn. *International Journal of Food Microbiology*, 116(2): 266-274.

Sanchis, V., Abadias, M., Oncins, L., Sala, N., Vinas, I. ve Canela, R. (1994). Occurrence of fumonisins B₁ and B₂ in corn-based products from the Spanish market. *Applied and Environmental Microbiology*, 60 (6): 2147-2148.

Saunders, D.S., Meredith, F.I. ve Voss, K.A. (2001). Control of fumonisin: Effects of processing. *Environmental Health Perspectives*, 109 (2): 333-336.

SCF, (2000). *Opinion of the scientific committee on food on Fusarium toxins – Part 3: Fumonisin B₁ (FB₁)*. Expressed on 17.10.2000. Erişim 19.12.2009, http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out73_en.pdf

Schroeder, J.W. (1997). *Corn Gluten Feed - Composition, Storage, Handling, Feeding and Value*. Erişim: 19.11.2009, NDSU (North Dakota State University) Extension Service, AS-1127. <http://www.docstoc.com/docs/11322973/Corn-Gluten-Feed---Composition-Storage-Handling-Feeding-and-Value>

SCOOP, (2003). Reports on tasks for scientific cooperation: Collection of occurrence data of *Fusarium* toxins in food and assessment of dietary intake by the population of EU member states, Finalisation of the task April 2003. European Commission, Brussels. (<http://europa.eu.int/comm/food/fs/scoop/task3210.pdf>).

Scudamore, K.A. ve Patel, S. (2000). Surveys for aflatoxins, ochratoxin A, zearalenone and fumonisins in maize imported into the United Kingdom. *Food Additives and Contaminants*, 17, 407-416.

Scudamore, K.A. (2004). The Control of Mycotoxins During Secondary Processing. In: *Mycotoxins in Food Detection and Control*. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Ltd.

Segvic Klaric, M., Cvetnic, Z., Pepeljnjak, S. ve Kosalec, I. (2009). Co-Occurrence of aflatoxins, ochratoxin A, fumonisins, and zearalenone in cereals and feed, determined by competitive direct enzyme-linked immunosorbent assay and thin-layer chromatography. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*. 60 (4): 427-434.

- Semple, R.L., Frio, A.S., Hicks, P.A. ve Lozare, J.V. (1991). *Mycotoxin prevention and control in foodgrains*. Erişim: 19.12.2009, [http://www.fao.org/docrep/X5036E/x5036E0q.htm#Prevention and control of mycotoxins](http://www.fao.org/docrep/X5036E/x5036E0q.htm#Prevention%20and%20control%20of%20mycotoxins)
- Shephard, G.S. (1998). Chromatographic determination of the fumonisin mycotoxins. *Journal of Chromatography A*, 815, 31-39.
- Shephard, G.S. (2007). Committee on natural toxins and food allergens-mycotoxins. General Rferee Reports, *Journal of AOAC International*, 90: No.1.
- Shephard, G.S., Marasas, W.F., Leggott, N.L., Yazdanpanah, H., Rahimian, H. ve Safavi, N. (2000). Natural occurrence of fumonisins in corn from Iran. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48, 1860-1864.
- Snyder, L.R., Kirkland, J.J. ve Glajch, J.L. (1997). *Practical HPLC Method Development*. (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Sohn, H.B., Seo, J.A. ve Lee, Y.W. (1999). Co-occurrence of *Fusarium* mycotoxins in mouldy and healthy corn from Korea. *Food Additives and Contaminants*, 16, 153–158.
- Solovey, M. M., Somoza, C., Cano, G., Pacin, A. ve Resnik, S. (1999). A survey of fumonisins, deoxynivalenol, zearalenone and aflatoxins contamination in corn-based food products in Argentina. *Food Additives and Contaminants*, 16, 325–329.
- Sonal, S. ve Oruç, H.H. (2000). Bursa bölgesindeki tavuk çiftliklerinden sağlanan yemlerde mikotoksin düzeyleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 11 (2): 1-6.
- Soriano, J. M. ve Dragacci, S. (2004a). Intake, decontamination and legislation of fumonisins in foods. *Food Research International*, 37, 367–374.
- Soriano, J. M. ve Dragacci, S. (2004b). Review: Occurrence of fumonisins in foods. *Food Research International*, 37, 985-1000.
- Soriano, J.M., Gonza'lez, L. ve Catala, A.I. (2005). Mechanism of action of sphingolipids and their metabolites in the toxicity of fumonisin B₁. *Progress in Lipid Research*, 44, 345–356.

- Sweeney, M.J. ve Dobson, A.D.W. (1998). Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. *International Journal of Food Microbiology*, 43, 141–158.
- Sydenham, E. W., Thiel, P. G., Marasas, W. F. O., Shepard, G. S., Van Schalkwyk, D. J., ve Koch, K. R. (1990). Natural occurrence of some *Fusarium* mycotoxins in corn from low and high esophageal cancer prevalence areas of Transkei, Southern Africa. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 38, 1900-1903.
- Sydenham, E. W., Shephard, G. S., Thiel, P. G., Marasas, F. O. ve Stockenstrom, S. (1991). Fumonisin contamination of commercial corn-based human foodstuffs. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 39, 2014–2018.
- Sydenham, E.W., Shephard, G.S., Thiel, P.G., Stockenström, S, Snijman, P.W. ve Van Schalkwyk, D.J. (1996). Liquid chromatographic determination of fumonisins B₁, B₂, and B₃ in corn: AOAC-IUPAC collaborative study. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 79, 688-696.
- Şahin, S. (2001). Türkiye’de mısır ekim alanlarının dağılışı ve mısır üretimi. *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21 (1): 73-90.
- TMO, (2008). *Toprak Mahsulleri Ofisi 2008 Yılı Hububat Raporu*. Erişim: 29.01.2010, www.tmo.gov.tr
- Torres, M. R., Sanchis, V. ve Ramos, A. J. (1998). Occurrence of fumonisins in Spanish beers analyzed by an enzyme-linked immu immunosorbent assay method. *International Journal of Food Microbiology*, 39, 139–143.
- Torres, A.M., Reynosa, M.M., Rojo, F.G., Ramirez, M.L. ve Chulse, S.N. (2001). *Fusarium* species and its mycotoxins in maize harvested in northern Argentina, *Food Additives and Contaminants*, 18, 836-843.
- TUİK, (2008). *İstatistiklerle Türkiye 2008*. Erişim: 14.12.2009, Türkiye İstatistik Kurumu Yayın No:3199. Ankara. www.tuik.gov.tr
- TUİK, (2009). *Türkiye İstatistik Kurumu Yıllara Göre Mısır ve Ayçiçeği Üretim Raporu*. Erişim: 29.01.2010, www.tuik.gov.tr

Tuncel, N.B. ve Yılmaz, N. (2009). Mısır ve mısır bazlı ürünlerde fumonisin kontaminasyonunun belirlenmesi. *Akademik Gıda*, 7 (3): 6-11.

Tunail, N. (2000). Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları, Genişletilmiş 2. Baskı; Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Yayını, Sim Matbaası, s522. Ankara.

Uçkun, Z. (2008). Güney Marmara Bölgesi Mısır Alanlarında Sap ve Koçan Çürüklüğüne Neden Olan *Fusarium* Türleri, Oluşturdukları Mikotoksinler ve Başlıca Türlerle Karşı Dayanıklılık Kaynaklarının Saptanması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. İzmir.

Ueno, Y., Iijima, K., Wang, S.D., Sugiyura, Y., Sekijima, M., Tanaka, T., Chen, C. ve Yu, S.Z. (1997). Fumonisin as a possible contributory risk factor for primary liver cancer: A 3-year study of corn harvested in Haimen, China, by HPLC and ELISA. *Food and Chemical Toxicology*, 35, 1143-1150.

Uğur, M., Nazlı, B. ve Bostan, K. (2001). Gıda Hijyeni. Teknik Yayınları, İstanbul.

Velluti, A., Marin, S., Bettuci, L., Ramos, A.J. ve Sanchis, V. (2000). The effect of fungal competition of maize grain by *Fusarium moniliforme*, *F.proliferatum*, and *F. graminearum*, and on fumonisin B₁ and zearalenone formation. *International Journal of Food Microbiology*, 59, 59-66.

Voss, K.A., Smith, G.W. ve Haschek, W.M. (2007). Fumonisin: Toxicokinetics, mechanism of action and toxicity. *Animal Feed Science and Technology*, 137, 299–325.

Wang, E., Riley, R.T., Meredith, F.I. ve Merrill, A.H. Jr. (1999). Fumonisin B₁ consumption by rats causes reversible, dosedependent increases in urinary sphinganine and sphingosine. *Journal of Nutrition*, 129, 214–220.

Wang, J., Zhou, Y., Liu, W., Zhu, X., Du, L. ve Wang, Q. (2008). Fumonisin level in corn-based food and feed from Linxian County: a high-risk area for asophageal cancer in China. *Food Chemistry*, 106, 241–246.

Weidenbörner, M. (1999). *Lebensmittel Mykologie*. Hamburg: B. Behr's Verlag GmbH.

Yagen, B. ve Joffe, A.Z. (1976). Screening of toxic isolates of *Fusarium poae* and *Fusarium sporotrichioides* involved in causing Alimentary Toxic Aleukia. *Applied and Environmental Microbiology*, 32 (3): 423-427.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Ayşe Öznur	Soyadı	(OCAK) DEMİR
Doğ.Yeri	İstanbul	Doğ.Tar.	14.09.1980
Uyruğu	T.C.	TC Kim No	23653577996
Email	oznurocak@yahoo.com	Tel	05425856480

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mez. Yılı
Doktora		
Yük.Lis.		
Lisans	Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü	2003
Lise	Polatlı Anadolu Lisesi	1998

İş Deneyimi (Sondan geçmişe doğru sıralayın)

	Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
1.	Gıda Denetçisi	İstanbul İl Tarım Müdürlüğü	2004-Halen
2.			-
3.			-

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*	KPDS/ÜDS Puanı	(Diğer) Puanı
İngilizce	İyi	İyi	İyi	-	-

*Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendirin

	Sayısal	Eşit Ağırlık	Sözel
ALES Puanı	88.211	87.298	86.117

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma becerisi
Microsoft Office	İyi

Yayınları/Tebliğleri Sertifikaları/Ödülleri:

Sertifikalar:

- 12 Ağustos-09 Eylül, 2001. Genel İngilizce
Sawston Hall Language School Cambridge-İngiltere
- 17-18 Eylül, 2002. Gıda Güvenliği ve HACCP Uygulamaları
İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı
- 28-29 Mayıs, 2005. HACCP Eğitim Semineri
Gıda Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi
- 30 Nisan-04 Mayıs, 2007. HACCP Temel Prensipleri, Mevzuat ve Tetkik Eğitimi
Tarım ve Köyişleri Bakanlığı İstanbul İl Müdürlüğü

Özel İlgi Alanları (Hobileri):

Seyahat/Gezi, tenis oynamak

