

**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AYDIN İLİNDE DOĞAL OLARAK KURUTULAN, GELENEKSEL VE  
ENDÜSTRİYEL İŞLENEN İNCİRLERİN BAZI ÖZELLİKLERİ VE  
AFLATOKSİN İÇERİKLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İlker ATİK**

**Anabilim Dalı : Gıda Mühendisliği**

**Programı : Gıda Teknolojileri**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sebahattin NAS**

**ARALIK 2012**

## YÜKSEK LİSANS TEZ ONAY FORMU

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 091161027 nolu öğrencisi İlker ATİK tarafından hazırlanan “AYDIN İLİNDE DOĞAL OLARAK KURUTULAN, GELENEKSEL VE ENDÜSTRİYEL İŞLENEN İNCİRLERİN BAZI ÖZELLİKLERİ VE AFLATOKSİN İÇERİKLERİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Sebahattin NAS (PAÜ)

(Jüri Başkanı)

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Ayhan TOPUZ (AÜ)

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Hakan KARACA (PAÜ)

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 09/10/2013 tarih ve ...01/14.... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Nuri KOLSUZ

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

İmza

:



Öğrenci Adı Soyadı : İlker ATİK

## ÖNSÖZ

Araştırma konumun saptanması, planlanması, yürütülmesi ve sonuçların değerlendirilmesinde beni yönlendiren ve deneyimlerinden yararlandığım değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Sebahattin NAS'a, tezimin analiz ve yazılması aşamasında bana yardımcı ve destek olan Doç. Dr. Ramazan GÖKÇE'ye ve Yrd. Doç. Dr. Hakan KARACA'ya ve diğer bölüm hocalarıma teşekkürlerimi sunuyorum.

Yüksek lisans çalışmam boyunca benden desteğini esirgemeyen değerli insan Turgut GÖZEN'e ve analizlerin bir bölümünün gerçekleştirilmesi aşamasında bana yardımcı olan Aydın Ticaret Borsası Özel Gıda Laboratuvarı çalışanlarına çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi açıdan benden hiçbir desteğini esirgemeyen, varlıklarıyla beni cesaretlendiren, haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim başta eşim Azize ATİK, annem ve babam olmak üzere tüm aileme teşekkürlerimi sunuyorum.

Aralık 2012

İlker ATİK

(Gıda Mühendisi)

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>x</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 İncir Hakkında Genel Bilgiler .....	1
1.2 Gıdalarda Kurutma İşlemi .....	2
1.3 Kuru İncir Üretimi.....	4
1.3.1 Kuru incir üretim yöntemleri .....	5
1.4 Kuru İncir Tüketimi.....	9
1.5 Kuru İncir İhracatı .....	10
1.6 Kuru İncirin Beslenme Açısından Önemi.....	11
1.7. Mikotoksinler .....	12
1.7.1 Mikotoksinlerin tarihçesi .....	14
1.7.2 Gıdalarda bulunan mikotoksinler ve üretici fungusları .....	17
1.7.3 Mikotoksinlerin canlılara etkileri .....	23
1.7.4 Mikotoksin oluşumunu etkileyen faktörler .....	24
1.7.5 Gıdaların mikotoksinlerle kontaminasyon yolları.....	26
1.8 Kuru İncirde Bulunan Mikotoksinler .....	27
1.8.1 Okratoksinler .....	28
1.8.2 Fumonisinler .....	31
1.8.3 Aflatoksinler.....	34
1.8.3.1 Aflatoksinlerin kimyasal yapısı .....	37
1.8.3.2 Aflatoksinlerin canlıların sağlığı üzerine etkileri .....	40
1.8.3.3 Aflatoksin analiz metotları .....	43
1.9 Kuru İncirde Aflatoksin Oluşumunun Önlenmesi .....	47
<b>2. MATERYAL VE METOD</b> .....	<b>51</b>
2.1 Materyal .....	51
2.1.1 Numune temini .....	51
2.1.2 Fiziksel ve kimyasal analizler .....	51
2.2 Metod.....	52
2.2.1 Laboratuvar analizleri.....	52
2.2.2 Fizikokimyasal analiz yöntemleri .....	53
2.2.3 Aflatoksin analiz yöntemleri .....	54
2.2.4 Laboratuvar analiz sonuçlarının değerlendirilmesi .....	56
<b>3. BULGULAR VE TARTIŞMA</b> .....	<b>57</b>
3.1 Fizikokimyasal Analiz Sonuçları .....	57
3.2 Aflatoksin Analiz Sonuçları.....	60
<b>4. SONUÇ</b> .....	<b>63</b>
<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>67</b>

## **KISALTMALAR**

<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>UV</b>	: Ultraviyole (Mor ötesi)
<b>kcal</b>	: Kilokalori
<b>M.Ö.</b>	: Milattan önce
<b>DNA</b>	: Deoksiribonükleik asit
<b>RNA</b>	: Ribonükleik asit
<b>ppm</b>	: Part per million / milyonda bir kısım
<b>ppb</b>	: Part per billion / milyarda bir kısım

## TABLO LİSTESİ

### Tablolar

1.1 : Meyve ve sebzelerde bazı mikrobiyolojik kriterler .....	3
1.2 : Dünyada kuru incir üretim miktarları. ....	4
1.3 : Boyut, tane ve elek delik çapı arasındaki oran. ....	8
1.4 : Kuru incir ihracat verileri. ....	11
1.5 : İncir meyvesinin taze ve kuru haldeki bileşimleri. ....	11
1.6 : Mikotoksinlerle ilişkili toksik olaylar. ....	14
1.7 : Mikotoksikozise neden olan önemli mikotoksinler. ....	17
1.8 : Gıda ve yemlerde görülen başlıca mikotoksin üreten cinsler ve ürettikleri mikotoksinler. ....	18
1.9 : Önemli mikotoksinler, üreticileri, etkileri ve buldukları ürünler.....	21
1.10 : Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO) tarafından OTA üzerinden belirlenen limitler.....	29
1.11 : Türk Gıda Kodeksi'nde OTA için belirlenen limitler.....	30
1.12 : Fumonisinler için mücade edilen düzeyler. ....	32
1.13 : Avrupa Birliği Komisyon Kararı gereğince FB <sub>1</sub> + FB <sub>2</sub> için maksimum düzeyler. ....	33
1.14 : Kserofil funguslar, mikotoksinleri ve minimum su aktivitesi değerleri. ..	36
1.15 : Aflatoksinlerin kimyasal ve fiziksel özellikleri.....	39
1.16 : Türk Gıda Kodeksi'ne göre gıdalar ve yemlerde aflatoksin limitleri. ....	42
2.1 : Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografi (HPLC) sistemi ile ilgili bilgiler.....	54
2.2 : Aflatoksin standartları hazırlanışı. ....	55
3.1 : Endüstriyel işlenen kuru incirlerin fizikokimyasal analiz sonuçları. ....	57
3.2 : Geleneksel işlenen kuru incirlerin fizikokimyasal analiz sonuçları. ....	57
3.3 : İncir örneklerinin fizikokimyasal analiz sonuçlarının "Bağımsız t – Testi" ile istatistiksel değerlendirme sonuçları. ....	58
3.4 : İncir örneklerinin aflatoksin analiz sonuçları. ....	60

## ŞEKİL LİSTESİ

### Şekiller

1.1 : Kuru incirlerin kerevetlerde kurutulması. ....	6
1.2 : İncirin işlenmesi sırasında uygulanan işlemler.....	6
1.3 : UV ışık altında ayıklama işlemi. ....	8
1.4 : Okratoksin A'nın kimyasal yapısı. ....	28
1.5 : Fumonisin B <sub>1</sub> ve B <sub>2</sub> 'nin yapıları. ....	31
1.6 : <i>A. flavus</i> 'un yapısı.....	34
1.7 : Aflatoksinlerin kimyasal yapısı. ....	38



## SEMBOL LİSTESİ

°	Derece
%	Yüzde
\$	Dolar
μ	Mikro
γ	Gama
a <sub>w</sub>	Su aktivitesi

## ÖZET

### AYDIN İLİNDE DOĞAL OLARAK KURUTULAN, GELENEKSEL VE ENDÜSTRİYEL İŞLENEN İNCİRLERİN BAZI ÖZELLİKLERİ VE AFLATOKSİN İÇERİKLERİ

Bu çalışmada Aydın ilinde tüketime sunulan kuru incirlerin kalite parametreleri ve kuru incirlerde bulunan aflatoksin miktarları incelenmiştir. Çalışmada kullanılan numunelerin 10 tanesi il genelinde faaliyet gösteren incir işletmelerinden, 10 tanesi de kuru incir üretiminin yaygın olduğu köylerde yaşayan çiftçilerden temin edilmiştir. Numuneler; işletmelerden temin edilen, endüstriyel işlenen satışa hazır kuru incirler 1. grup ve çiftçilerden temin edilen, geleneksel işlenen satışa hazır kuru incirler 2. grup olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında; iki grupta da yer alan numunelerin; nem, su aktivitesi, kül, pH ve renk gibi kalite parametreleri tek tek tespit edilerek ortalamalarının alınması suretiyle karşılaştırması yapılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında; yine iki grupta da yer alan numunelerin, aflatoksin miktarlarının tek tek tespit edilerek ortalamalarının alınması suretiyle karşılaştırması yapılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde numunelerin hepsinde aflatoksin miktarı tespit edilebilir düzey olan 0,2 ppb değerinin altında bulunmuştur. Ayrıca iki grup arasındaki kalite parametrelerinden; renk (a\*), nem, su aktivitesi ve kül değerlerindeki farkların istatistiksel anlamda önemli olduğu ( $p < 0,05$ ) görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Kuru incir, kalite parametreleri, aflatoksin

## SUMMARY

### **SOME FEATURES OF THE FIGS DRIED BY NATURALLY, MANUFACTURED TRADITIONALLY AND INDUSTRIALLY AND THE AFLATOXIN CONTENTS IN PROVINCE OF AYDIN**

In this study, the quality parameters and the aflatoxin contents of dried figs were determined which were served to consumption in province of Aydın. In the research, the 10 of the samples were supplied by the fig works which were operated in province lines, the other 10 of the samples were supplied by the farmers who live in the villages in which the production of fig is prevalent. The samples were separated into two groups which were the figs manufactured industrially ready to sale supplied by the fig works in the 1. group and which were the figs manufactured conventionally ready to sale supplied by the farmers in the 2. group. At the first stage of the research, the comparisons of the samples in both of the groups were made getting the averages examining by the quality parameters like; humidity, water activity, ash, acidity content and colour parameters. At the second stage of the research, the comparisons of the samples in both of the groups were made calculating the averages determining by the contents of aflatoxin. When the data was examined which is obtained in the result of the analysis, the aflatoxin content was found under the level of 0,2 ppb which is the detectable level. Furthermore it was seen important ( $p<0,05$ ) statistically in the values of the quality parameters as colour, humidity, water activity and ash between the two groups.

**Key Words:** Dried fig, quality parameters, aflatoxin

## 1. GİRİŞ

### 1.1 İncir Hakkında Genel Bilgiler

Anavatanı Anadolu olan incir, *Urticales* takımının *Moraceae* familyasının *Ficus* cinsinden olan *Ficus carica* L. türüdür. İncir kültürü, Anadolu'da insanlık tarihi kadar eski devrelere dayanan kültür meyveleri içinde, en eski gelişme tarihine sahip meyvelerden biridir. Birçok yabani ve kültür alt türleri vardır. İncirin anavatanı Türkiye olup, buradan önce Suriye ve Filistin'e daha sonra da Ortadoğu üzerinden Çin ve Hindistan'a yayılmıştır. İncirin özel dölleme ve kendine özgü kurutma şartları isteyen bir meyve olması yetiştiği bölgeleri sınırlı kılmaktadır (Anon., 2007).

İncir ülkemiz ekonomisi açısından önemli ihraç ürünlerimizdendir. İncir hem sofralık incir olarak hem de kuru incir olarak tüketilmektedir (Aksoy, 2001).

Ülkemiz, dünya üzerinde kurutulmuş incir üretimi yapan en önemli ülkedir (Cemeroğlu, 2004). İncir, her ne kadar subtropik bir meyve olsa da geniş ekolojik uyum kabiliyeti nedeniyle yurdumuzun tüm sahil kuşağında ticari olarak yetiştirilmektedir (Anon., 2007).

Ülkemizde Hopa'dan başlayarak Samandağ ilçesine kadar bütün Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz kıyılarında incir yetiştirilmektedir. Ege Bölgesi'ndeki Aydın ili, ülkemizdeki incir ağaçlarının büyük çoğunluğunu barındırmaktadır.

İncir, Akdeniz kıyılarının tipik meyvesidir. Yetiştirme açısından en uygun ekolojik koşulları Ege Bölgesi'ndeki Büyük ve Küçük Menderes havzalarında bulmuş, en fazla çeşit zenginliğini de bu bölgelerde göstermiştir. Özellikle İzmir ve Aydın en önemli üretim bölgeleridir. Ege Bölgesi dışında üretilen incirler mahallinde taze olarak tüketilirken, Ege Bölgesi'nde üretilen incirlerin büyük bölümü kurutulmuş olarak değerlendirilmektedir. Türkiye'de, 9,1 milyonu meyve veren olmak üzere, toplam 10,2 milyon adet incir ağacı bulunmaktadır. Bu ağaçlardan elde edilen taze incir miktarı yılda ortalama 230 – 320 bin ton arasında değişmektedir.

Türkiye'de birçok tür incir çeşidi yetiştirilmesine rağmen, özellikle "Sarılop" adı verilen incir çeşidi, büyüklüğü, tadı, etli oluşu, açık rengi ve yumuşak kabuğu ile

dünyada kurutmaya en uygun türlerden birisi olarak nitelendirilmektedir. Bu incir çeşidinin ülkemizdeki en önemli üretim alanı, Ege Bölgesi, özellikle de İzmir ve Aydın civarındır. Ülkemiz incir üretiminin % 90'ından fazlasını Sarılop çeşidi incirler oluşturmaktadır.

## 1.2 Gıdalarda Kurutma İşlemi

Gıdaların kurutulması dayandırılma yöntemi, insanın doğadan öğrendiği ve bu yüzden ilk çağlardan beri uygulamış olduğu en eski muhafaza yöntemidir. Gıdalar ya güneş ısısından yararlanarak ya da başka kaynaklardan elde edilen ısı yardımıyla kurutulmaktadır (Cemeroğlu, 2004).

Kurutmada amaç su aktivitesi ( $a_w$ ) değerini belirli bir değerin altına indirmek suretiyle mikrobiyolojik ve kimyasal değişimlere karşı dayanıklı hale getirmektir. Gıdalarda bozulmaya neden olan birçok bakteri 0,90 değerindeki su aktivitesine kadar gelişebilir ve bu nedenle de kurutulmuş gıdalarda bakteriyel bozulma söz konusu değildir. Su aktivitesinin 0,90 değeri altındaki değerlerde gelişebilecek mikroorganizmalar maya ve küflerdir. Genellikle 0,65 su aktivitesi civarında mikrobiyal bozulma hemen hemen tamamen önlenilebilmekle beraber bu su aktivitesi ve biraz altında bazı ozmofilik mayalar (*Zygosaccharomyces rouxii*, min  $a_w$  0,62) ve bazı küfler (*Aspergillus glaucus*, min  $a_w$  0,70; *A. echinulatu*, min  $a_w$  0,64) çok yavaş da olsa gelişebilirler.

Genellikle 0,80 – 0,85 su aktivitesi arasındaki kurutulmuş gıdalarda küf ve maya bozulması 1 – 2 hafta içerisinde meydana gelir. Su aktivitesi 0,75 değerine geldiğinde küf ve maya gelişmesi ile bozulma gecikir ve 0,70 su aktivitesinde mikrobiyolojik bozulma uzun süre gözlenmez. Genellikle 0,60  $a_w$  değeri mikrobiyal gelişme için alt sınır kabul edilmekle birlikte 0,70 su aktivitesi değerine kadar kurutulmuş gıdalar uzun süre bozulmadan muhafaza edilebilir (Ünlütürk ve Turantaş, 1998; Acar ve Cemeroğlu, 1999).

Genellikle kurutulmuş gıdaların mikrobiyal yükü orjinal hammaddeye kıyasla daha düşüktür. Bu nedenle de kurutulmuş bir gıdanın mikrobiyolojik kalitesi gıdaya kurutma öncesi uygulanan işlemlere ve dolayısıyla hammaddenin mikrobiyolojik kalitesine bağlıdır. Kurutmanın mikroorganizmalar üzerindeki öldürücü etkisi aşağıdaki faktörlere bağlıdır.

- Mikroorganizmanın; cinsi, türü, fizyolojik yaşı ve sayısı,
- Kurutma koşulları (kuruma şekli, kurutma sıcaklığı, kurutma süresi ve dehidrasyon hızı),
- Gıdanın türü ve kompozisyonu (pH, inhibitör maddeler vs.)

Kurutma işlemine en dayanıklı mikroorganizma formu bakteri sporlarıdır. Bakteri ve küf sporları kurutma işleminden etkilenmezler. Mayaların ve sıcaklığa karşı hassas bazı bakterilerin vejetatif hücrelerinin bir kısmı kurutma işlemi sırasında canlılığını kaybederler. Ancak düşük sıcaklıkta yapılan kurutma işleminde bazı mikroorganizmalar çoğalarak sayıca artabilir.

Kurutulmuş gıdaların muhafaza edildiği atmosferdeki nispi nem oranının % 50 – 60 düzeyinde olması istenir. Uygun koşullarda muhafaza edilen kurutulmuş gıdalarda mikrobiyal gelişme gözlenmez.

Gıdaların mikrobiyolojik kalitesini belirlemek için çeşitli faktörler göz önüne alınarak mikrobiyolojik kriterler belirlenir. Örneğin kullanım amaçları ve alanlarına göre mikrobiyolojik standartlar, spesifikasyonlar ve mikrobiyolojik limitler olarak bu mikrobiyolojik kriterler sınıflandırılır. Aşağıdaki tabloda meyve ve sebzelerdeki bazı mikrobiyolojik kriterler verilmiştir.

Tablo 1.1 Meyve ve sebzelerde bazı mikrobiyolojik kriterler (Scott, 1978).

GIDA	ÖRNEKLEME PLANI	KRİTERLER			
		n	c	m	M
Kurutulmuş Meyveler (İncir, üzüm vb.) <i>E. coli</i>	3	5	2	<3	10
Güneşte Kurutulmuş Meyveler					
Ozofilik Maya Sayısı	3	5	2	10	1000
Küf Sayısı	3	5	2	100	10000
<i>E. coli</i>	3	5	2	<3	10
Kurutulmuş Sebzeler					
<i>E. coli</i>	3	5	2	<3	100
<i>Salmonella</i>	2	10	0	0	-

Burada;

n: Analize alınan örnek sayısını

c: Belirli sayının üzerinde (m değerinden yüksek) mikroorganizma bulunmasına müsaade edilen örnek sayısını

m: Bir örnekte müsaade edilen maksimum mikroorganizma sayısını

M: Marjinal kabul edilebilir ve kabul edilemez kalite arasındaki mikrobiyolojik sınırı belirler. Diğer bir ifade ile analize alınan örneklerden hiçbirisinde mikroorganizma sayısı “M” değerinin üzerinde olmamalıdır.

Bütün mikrobiyolojik kriterler *Salmonella* hariç gıdanın 1 gramı ya da 1 mililitresindeki mikroorganizma sayısını vermektedir. *Salmonella* için verilen kriterler 25 gram veya 25 mililitre gıda örneği içindir.

Kuru gıdanın rehidrat edilmesi sırasında kuru gıdanın mikrobiyal yüküne ve suyun sıcaklığına bağlı olarak mikrobiyal aktivite tekrar başlar. Rehidrasyon için kullanılan suyun sıcaklığı önemlidir. Örneğin; *Staphylococcus aureus*'un dondurarak kurutmaya ve 60°C'lik suda rehidrasyona dayanıklı olduğu belirlenmiş ve bu nedenle de *S. aureus* açısından rehidrasyonun 100°C'de yapılması önerilmiştir. (Ünlütürk ve Turantaş, 1998).

### 1.3 Kuru İncir Üretimi

Dünya kuru incir üretimine ilişkin veriler incelendiğinde Türkiye'nin yaklaşık %50'lik bir payla birinci sırada yer aldığı görülmektedir. 2010 rakamları itibariyle, ülkemizi sırasıyla İran, ABD ve Yunanistan takip etmektedir. Aşağıdaki tabloda dünyada kuru incir üreten ülkeler ve üretim miktarları gösterilmektedir.

Tablo 1.2 Dünya kuru incir üretim miktarları (Miktar: Ton) (Anon., 2012)

Ülkeler	2007	2008	2009	2010
Türkiye	60.393	43.500	42.500	56.590
İran	43.000	25.000	22.000	23.000
ABD	12.000	13.100	11.000	12.000
Yunanistan	12.000	10.000	8.000	9.000
İspanya	3.500	5.000	4.500	5.000

Tablo 1.2 (Devam) Dünya kuru incir üretim miktarları (Miktar: Ton)  
(Anon., 2012)

İtalya	5.000	4.000	4.000	4.000
Toplam	135.893	100.600	92.000	109.590

Kuru incir, *Ficus carica domestica* L. türüne giren ağaçların olgun, meyvelerinin hasat edildikten sonra yapay ya da doğal metotlarla kurutulmasıyla elde edilen, doğrudan ya da işlendikten sonra insan tüketimine sunulan incir olarak tanımlanmaktadır.

Kuru incir boyutlarına göre ekstra, birinci, ikinci sınıf ve endüstriyel olarak sınıflandırılmaktadır. Buna göre 1 kiloya 60 adetten az incir gelirse ekstra, 60-80 arası sayıda gelirse 1. sınıf, 80-110 arası gelirse 2. sınıf olarak ayrılır. Endüstriyel incir ise hiçbir sınıfa girmeyen hurda olarak nitelendirilmektedir (Anon., 2002a).

### 1.3.1 Kuru incir üretim yöntemleri

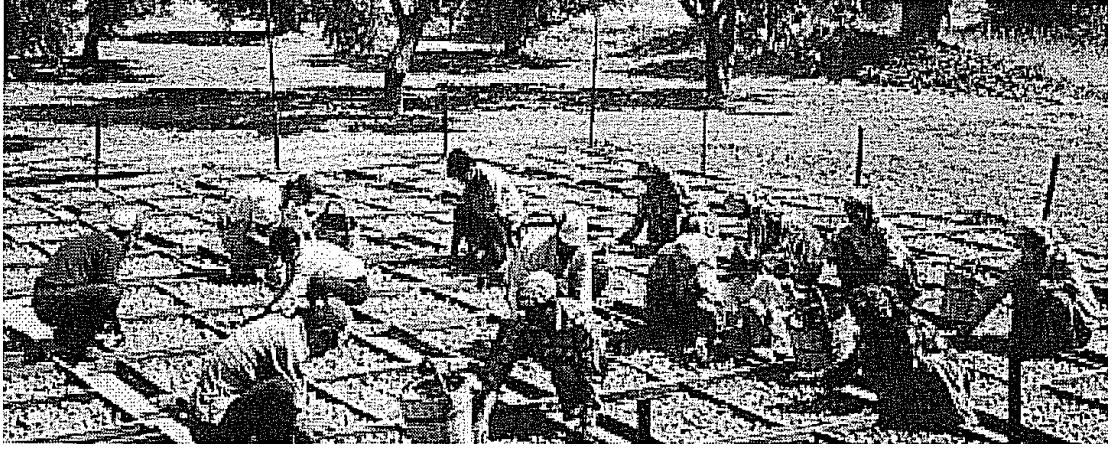
Kuru incir üretimi, önce bahçenin seçilerek incir çeliklerinin dikilmesiyle başlar. İncir çelikleri daha kolay köklenebildiği için tercih edilmektedir. Güneş yanıklığına karşı incir fidanının boyu dikim sırasında 50 – 100 cm'den kesilir. Meyveler irileşmeye başladığında ağacın sarkan dallarındaki incirlerde güneş yanıklığı ortaya çıkar. Yüzeyinin üçte birinden fazlası güneş yanıklığı nedeniyle derimsi hale gelmiş meyveler özürlü olarak kabul edilir ve hurdaya ayrılır (Aksoy, 2001).

İşlenmiş kuru incir, ılık su ile yıkanmış, sapı kesilmiş olan kuru incir, işlenmemiş kuru incir ise dalından koparıldıktan sonra hiçbir işleme tabi tutulmayan incir olarak tanımlanmaktadır. İncir kurutulduktan sonra son neminin %20 – 22 arası olması gerekmektedir (Aksoy, 2001).

Kuru incir hasadı olgunlaşmış yere düşen incirlerin elle toplanması ile yapılmaktadır. Yere düşen incirler toplanıp yerden 10 – 15 cm yükseklikte kerevet adı verilen plastik veya galvanizli telden yapılmış ızgaralara serilmekte ve nemi %20 – 22 olana dek kurutulmaktadır (Özay ve Alperden, 1991; Aksoy 2001).

Kuru incirlerin kerevetlere dizilerek kurutulması Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



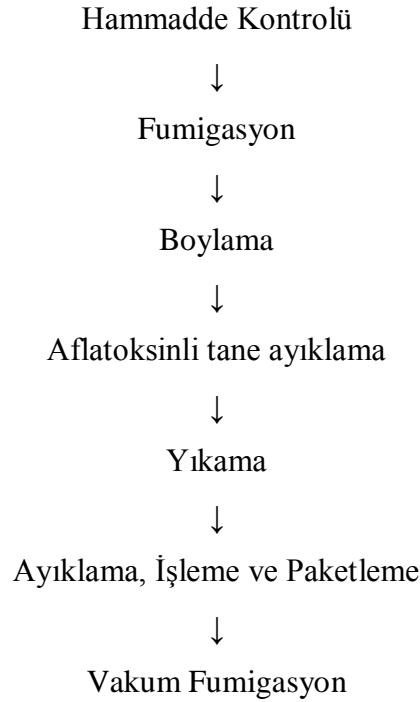


Şekil 1.1 Kuru incirlerin kerevetlerde kurutulması (Aksoy, 2001).

Güneşte bekletilerek kurutulan incirlerde kurutma işleminin 5 gün, gölgede bekletilerek kurutulan incirlerde kurutma işleminin 8 – 10 gün olduğu bildirilmektedir. Kurutulmuş incirler, sandıklar içinde depolanmakta ve incir işleme tesislerinde bazı işlemler uygulandıktan sonra, ambalajlanıp piyasaya sunulmaktadır. İncirlerin işlenmesi; eleme, sınıflandırma, yıkama gibi başlıca işlemleri kapsar (Cemeroğlu, 2004).

İncirin işlenmesi sırasında uygulanan işlemler aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

#### **Akış Şeması**



Şekil 1.2 İncirin işlenmesi sırasında uygulanan işlemler (Cemeroğlu, 2004).

#### a. Hammadde Kontrolü

Numune alma, işletmeye gelen incirlerin değişik kısımlarından alınarak paçal yapma suretiyle incirin kabulüne veya reddine karar verildiği kontrol işlemidir. Bu işlemler; incirin hangi fiziki şartlar altında işletmeye getirildiğinin kontrolü, aflatoksin kontrolü, adet kontrolü gibi fiziksel kontrollerdir.

Tüm bu kontroller sonucu alınan numuneden yüzde kaç oranında ıskarta çıktığı saptanır ve sonucun işletmenin kabul değerlerine uygunluğuna göre incirin işlenmek üzere işletmeye alınıp alınmayacağına karar verilir.

#### b. Fumigasyon

Bitkilere, depolanan zirai ürünlere, bina ve nakil vasıtalarına ve hatta mobilyalara varıncaya kadar çeşitli materyallere arız olan böcekleri (Yumurta, larva, nimf) ve diğer zararlı etmenleri (Fungus, bakteri gibi) öldürmek amacıyla kapalı bir ortama (Belirli bir ısıda ve belirli bir miktarda) gaz halinde kimyasal bir madde (Fumigant) vermek ve belirli bir süre ortamda tutma işidir. Yapılan işleme de “Fumigasyon” denir. Kullanılan kimyasala da “Fumigant” denir.

İncirlerin içinde olması muhtemel böcek, bakteri gibi etmenlerin yok edilmesi için fumige edilir. Fumigant olarak da genellikle “metil bromid” kullanılmaktadır. Fakat bu kimyasalın yasaklanmasından dolayı son yıllarda alüminyum fosfit, magnezyum fosfit ve fosfinin gazları da kullanılmaktadır. Fumigasyon atmosferik fumigasyon ve vakumlu fumigasyon olmak üzere iki şekilde yapılabilir.

#### c. Boylama

Fumigasyondan çıkan incir elekli kalburlarla boylanır. Bu elekli kalburlar, incirin elek üzerinden uygun bir sürede akmasını sağlayacak şekilde belirli bir eğime sahip ve titreşimli yatay elekli kalburlardır.

İncirler öncelikle küçük çaptaki eleğin bulunduğu çöp sasörüne beslenir. Burada çöpler elek altı olarak, incirler ise elek üstü olarak ayrılarak kuru temizle yapılır. İncirler, çöp sasöründen titreşim hareketiyle ve eğim sayesinde elde edilmek istenen boyuta göre yerleştirilmiş standart çaptaki, yuvarlak deliklerin bulunduğu eleklerle gelerek sınıflandırılır. Kalburun ilk başına önce küçük çaplı elek yerleştirilir.

Boyut, istenen tane ve elek delik çapı arasındaki oranı gösteren tablo aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 1.3 Boyut, tane ve elek delik çapı arasındaki oran (Cemeroğlu, 2004).

Boyut	İstenen Tane / Kg	Elek Delik Çapı
9 Numara	82 – 101	26 mm
8 Numara	72 – 81	28 mm
7 Numara	67 – 71	30 mm
6 Numara	62 – 66	32 mm
5 Numara	57 – 61	34 mm
4 Numara	52 – 56	36 mm
3 Numara	47 – 51	38 mm
2 Numara	42 – 46	40 mm
1 Numara	35 – 40	42 mm

#### d. Aflatoksinli Tane Ayıklama

Aflatoksinli tane ayıklama işlemi ışık almayan “Karanlık odalarda” ultraviyole ışık altında gerçekleştirilir. UV ışık altında aflatoksinli incir fosforlu sarı-yeşil renk verir. Aflatoksinli incirler ayrı renkteki kasalara alınarak imha edilir. Aşağıdaki şekilde UV ışık altında ayıklama işlemi görülmektedir.



Şekil 1.3 UV ışık altında ayıklama işlemi

#### e. Yıkama

İncirler sıcaklığı ve tuzu ayarlanmış yıkama makinesinde yüzdürerek yıkanır. Mikrobiyolojik gelişimi önlemek için; kuru incir tuzlu su ile yıkanır, saf suyla temas ettirilmez. Yıkama suyu sıcaklığı 50-60°C arasındadır. Yüzeydeki kirler daha kolay çözülür. İncirin daha kolay işlenmesini sağlar. Su her 5000 kg yıkamada değiştirilir.

#### f. Ayıklama, İşleme ve Paketleme

Yıkanan incirler seçme bandında hasarlı, küflü, gelişmemiş tanelerden ayıklanır. Ayıklanan incir, işleme masaları üzerinde işçiler tarafından değişik şekiller verilerek paketlenir. Paketlenen incir nem geçirmeyecek şekilde ambalajlanır.

#### g. Vakum Fumigasyon

Ambalajlanıp, paketlenen incir değişik büyüklükteki kolilere istiflenip kolinin ağzı kapatıldıktan sonra koliler vakum fumigasyon odalarına yerleştirilir ve odalara fumigasyon için etilen diklorit ve etilen oksit gibi gazlar verilir. Bu işlem koli içerisinde oluşabilecek kurt ve böceklere karşı yapılır.

Kuru incirlerde kurutma son yıllarda güneş enerjisinden yararlanılan solar kurutma sistemleri ile yapılmaktadır. Bu yöntemle %50 – 60 nem içeren incirler, toprağa dökülmeden önce, ağaçtan toplanarak, plastik telli kerevetlere dizilmekte, buradan solar kurutma tüneline sokularak, meyvedeki nem oranının %20 – 22 seviyesine düşmesi sağlanmaktadır. (Anon., 2003).

Kuru incirin kalite kriterlerine uygun, sağlam, bozulmamış, çürümemiş, kokuşmamış ve bütün halde bulunması gerekmektedir. Canlı veya ölü böcek, kemiriciler ve yabancı madde içermemelidir. Kuru incirlerin nemi %26'dan fazla olmamalıdır. Ancak ithalatçı ülkenin yönetmeliklerine uygun ise gerekli koruyucu maddelerle muamele edilmiş olan kuru incirlerin nemi %30'a kadar kabul edilebilmektedir (Anon., 2002a).

### **1.4 Kuru İncir Tüketimi**

Dünyada üretilen 90.000 ton civarındaki kuru incir üretiminin yaklaşık %30 – 40'ı üretici ülkelerce tüketilmektedir. Ülkemizde üretilen incirin %30'u taze olarak iç pazarda, %70'i kuru incir olarak iç ve dış pazarda tüketilmektedir. Kişi başına yıllık

kuru incir tüketimi yaklaşık 150 – 200 gr'dır. Türkiye'nin yıllık kuru incir tüketim miktarı ise ortalama 5 – 6 bin ton civarındadır (Anon., 2003).

Ekstra, birinci ve ikinci sınıf incirler; sofralık veya kurutmalık olarak tüketildiği gibi tatlı, pasta imalatında, çeşitli yemeklerin yapımında, dilimlenmiş olarak ekmek imalatında şekerli mamuller, reçel ve bisküvi sanayinde de kullanılmaktadır. Hurda incirler ise etil alkol ve pekmez üretiminde değerlendirilmektedir. Etil alkol yapımı sırasında ortaya çıkan incir çekirdekleri de boya, kozmetik ve ilaç sanayinde, küspesi ise besi yemi yapımında kullanılmaktadır (Anaç, 2003).

### **1.5 Kuru İncir İhracatı**

Ülkemiz, dünya kuru incir ihracatında birinci sırada yer almakta olup, dünya ihracatının %65'i (43 bin ton) Türkiye'den yapılmaktadır. Kuru incir sektöründe yer alan diğer önemli ihracatçı ülkeler İran, İspanya, ABD ve Suriye'dir.

Dünya kuru incir ithalatına ilişkin veriler incelendiğinde ise Fransa ve Almanya'nın en önemli ithalatçılar olduğu göze çarpmaktadır. Bu iki ülkenin toplam ithalattan aldıkları pay %30 düzeyindedir. Bu ülkeleri, Hollanda, İtalya ve Vietnam takip etmektedir (Anon., 2012).

Kuru incir ihracatımızda en önemli kalemleri, ekstra kuru incir ve birinci sınıf kuru incir oluşturmaktadır. İhracatımızın % 80'den fazlası Avrupa Birliği ülkelerine yönelik olup, en önemli pazarlarımız sırasıyla Fransa, Almanya, İtalya, İsviçre ve Rusya Federasyonu'dur (Anon., 2012).

Kuru incir ihracatçılarımız daha çok Ege Bölgesi'nde yerleşmiş olup, bu firmalar kuru incirin yanı sıra kuru kayısı ve kuru üzüm ticareti ile de ilgilenmektedirler. Türkiye'de ve dünyada kuru incir tüketiminde, özellikle sağlıklı gıdalar pazarının hızlı gelişimine paralel olarak artan bir talep vardır. Yurtdışı pazarlarda Noel, yurt içinde de Ramazan dönemlerinde kuru incir talebinde belirgin artışlar görülmektedir.

Aşağıdaki tabloda kuru incir ihracatı yapılan ilk on ülke ve ihracat miktarları gösterilmektedir.

Tablo 1.4 Kuru incir ihracat verileri (İl 10 Ülke) (Anon., 2012).

	2010		2011		% Değişim	Pay
	İhracat		İhracat		2010 – 2011	(%)
Ülke Adı	Miktar (ton)	Değer (bin \$)	Miktar (ton)	Değer (bin \$)	(\$)	
Almanya	7.119	27.911	6.889	25.848	-7,4	17,1
Fransa	7.554	28.926	6.673	24.672	-14,7	16,3
İtalya	3.775	14.342	3.745	13.382	-6,7	8,8
Rusya Federasyonu	3.190	7.690	3.292	8.314	8,1	5,5
İsviçre	1.839	8.139	1.649	7.214	-12,5	4,7
Hollanda	1.671	5.081	2.021	6.640	30,7	4,4
A.B.D.	1.442	5.267	1.680	5.918	12,4	3,9
İsrail	1.195	4.658	972	3.743	-19,6	2,5
İspanya	1.204	4.291	1.117	3.695	-13,9	2,4
Japonya	498	2.425	760	3.584	47,8	2,4
<b>Toplam</b>	<b>44.617</b>	<b>157.882</b>	<b>44.821</b>	<b>151.546</b>	<b>-4,0</b>	<b>100</b>

### 1.6 Kuru İncirin Beslenme Açısından Önemi

Kuru incir kalori değeri yüksek, vitamin ve minerallerce zengin olan bir üründür. Kuru incirde bulunan bakır, demirin vücut tarafından alınmasını kolaylaştırmaktadır. Kuru incir önemli bir protein kaynağı olmasının yanı sıra yağının doymamış özellikte olması, kolesterol içermemesi, mineral maddelerce zengin olması, az sodyum içermesi ve fazla miktarda ham lif içermesi nedeniyle çerez ve çerez ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. İçerdiği kalsiyum miktarı süttten fazla olduğu için kemik gelişim bozukluklarında tavsiye edilmektedir (Büyükşirin, 1993). İncir meyvesinin taze ve kuru haldeki bileşimi aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 1.5 İncir meyvesinin taze ve kuru haldeki bileşimleri (Anon., 2004).

Bileşen (Birim)	Taze İncir	Kuru İncir
Su (g)	79.11	30.05
Enerji (kcal)	74	249

Tablo 1.5 (Devam) İncir meyvesinin taze ve kuru haldeki bileşimleri (Anon., 2004).

Protein (g)	0.75	3.3
Toplam lipit (g)	0.3	0.93
Kül (g)	0.66	1.86
Karbonhidrat (g)	19.18	63.87
Lif (g)	2.9	9.8
Toplam şeker (g)	16.26	47.92
Ca (Kalsiyum) (mg)	35	162
Fe (Demir) (mg)	0.37	2.03
Mg (Magnezyum) (mg)	17	68
P (Fosfor) (mg)	14	67
K (Potasyum) (mg)	232	680
Na (Sodyum) (mg)	1	10
Vitamin C (Toplam Askorbik Asit) (mg)	2	1.2
Vitamin B1 (Tiamin) (mg)	0.06	0.085
Vitamin B2 (Riboflavin) (mg)	0.05	0.082
Vitamin B3 (Niasin) (mg)	0.4	0.619
Kolesterol (mg)	0	0

### 1.7 Mikotoksinler

Mikotoksin sözcüğü Yunanca *mykes*: mantar ve *toxicon*: zehir sözcüklerinin birleşmesiyle oluşmuştur. Buna göre mikotoksin mantar zehiri anlamına gelmektedir. Bir başka anlatımla, mikotoksin denince küflerin oluşturduğu, gelişmiş canlılarda zehir etkisi yapan maddeler anlaşılır. Bilim adamları, mikotoksinleri, mantarlarca oluşturulan, gelişmiş canlılara, özellikle omurgalılara çok az miktarları ile zehir etkisi olan ikincil metabolitler olarak tanımlamışlardır. Genel olarak, mikotoksinlerin oluşumu en fazla 20 – 30°C’ler arasında, 3,5 – 5,5 pH’larda ve 0,85 – 0,90 veya üzerindeki su aktivitesinde olmaktadır (Şahin ve Korukluoğlu, 2000).

Mikotoksinler; *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* ve *Claviceps* gibi mantar (küf) cinslerinin sekonder metabolizması sonucu oluşan, düşük molekül ağırlıklı, çok çeşitli kimyasal yapıya sahip doğal toksinlerdir. İnsan ve hayvan sağlığı üzerinde çok çeşitli etkiler oluşturmaktadırlar (Steyn ve Stander, 1999).

Mikotoksinleri üreten mantarlar rüzgar ve hava akımlarıyla taşınarak her yerde (atmosferin çeşitli katmanları da dahil) bulunabilirler (Steyn ve Stander, 1999; Concon, 1988). Mikotoksin kontaminasyon düzeyi iklim koşullarına, ürünün cinsine ve coğrafi konuma bağlı olarak mevsimden mevsime, yıldan yıla farklılık gösterebilir. Dünyadaki mahsüllerin dörtte birinin mikotoksin ile kontaminasyon riskinin olduğu bildirilmiştir (Steyn ve Stander, 1999).

Mikotoksinlerin insan ve hayvanlarda neden olduğu hastalığa “mikotoksikozis” denir. Mikotoksinler çeşitli organ, doku ve canlılarda önemli sağlık sorunları yaratan mikotoksikozlara neden olmaktadır. Bunlar kanserojenik, mutajenik, teratojenik, tremorjenik, hemoraljik, dermatitik, hepatotoksik, nörotoksik, nefrotoksik etkiler olup; karaciğer, böbrek, kas, sinir dokularında ve hormon sisteminde önemli kronik zararlanmalar yaparlar ve zaman zaman da akut ölümcül etkileri görülebilmektedir (Nelson ve ark., 1993).

Mikotoksinlerin en önemli özellikleri, vücutta biriken (kümülatif) toksisitesi olması ve zamana bağlı olarak geri dönüşümü olmayan lezyonlar bırakmasıdır (Çelikay, 2004).

Mikotoksinler tespiti çok zor olan etiyolojik ajanlardır. Toksik etkileri, çok spesifik ya da bilinmeyen özellikler gösterir. Mikotoksinlerin; lipitler, proteinler, karbonhidratlar ve vitaminlerle etkileştiği böylece mikotoksinlerin hayvanlarda protein ihtiyacını artırdığı ve neogenesis ve glikojen katabolizmasını düzenleyen enzimleri değiştirdiği bildirilmiştir (Anon., 1986).



Aşağıdaki tabloda mikotoksinlerle ilişkili toksik olaylar gösterilmiştir (Bor, 1998).

Tablo 1.6 Mikotoksinlerle ilişkili toksik olaylar

ETMEN	MİKOTOKSİNLER	SORUNLAR
<i>Aspergillus versicolor</i>	Sterigmatosistin	Hepatik Nekroz
<i>Penicillium crytosum</i>	Penitrem	Tremorgenik Aktivite
<i>Aspergillus flavus</i>	Aflatoksin	Karsinojenik
<i>Rhizoctonia leguminicola</i>	Slaframin	Parasempatik Sinir Sistemi
<i>Aspergillus clavatus</i>	Patulin	Beyin ve Akciğer Kanaması
<i>Aspergillus ochraceus</i>	Okratoksin	Nefrotoksik
<i>Penicillium rubrum</i>	Rubratoksin	Karaciğer Kanaması
<i>Fusarium graminearium</i>	Zearalenon	Östrojenik
<i>Aspergillus ustus</i>	Austdiol	Gastro-İntestinal Bozukluklar

### 1.7.1 Mikotoksinlerin tarihçesi

İnsan veya hayvanlarda mikotoksikozisin tarihi çok eski yıllara dayanır. Çok eskiden beri bilinen, kayıtlara en fazla geçen şapkalı mantarlar dışında küf zehirlenmesi *Claviceps purpurea* ile enfekte olmuş tahılların tüketilmesi sonucu görülen, ergotizm adı verilen mikotoksikozis olayıdır. Burada etkili madde küfün yapmış olduğu ergot alkaloididir (ergotoksin). M.Ö. 600 yılında çavdar mahmuzu adı ile anılan *C. purpurea* sklerotialarıyla bulaşmış tahılların zararlı etkilerinden Asur tabletlerinde söz edilmiştir. M.Ö. 400 yılında da Sparta' da ilk toplu zehirlenmeye ilişkin kayıtlar bulunmuştur. Orta çağda binlerce insan ergotizme yakalanmış, o tarihlerde Aziz Antonius humması adı verilen hastalık literatüre karıncalanma ve uyuşma semptomları gösteren sinir hastalığı olarak geçmiştir. Hastalığın belirtileri kol ve bacaklarda kangren, korkunç ağrılar, kasılmalar, üşüme ve halüsinasyonlardır. Bu hastalık aynı zamanda hamile kadınların çocuk düşürmesi şeklinde de kendini göstermektedir (Egmond ve Paulsch, 1986; Çoksöyler, 1995; Taydaş ve Aşkın, 1995; Yılmaz ve Özay 2001; Aşkın, 1976; Betina, 1984).

Hastalık, 19. yüzyıl başlarında A.B.D’de, 20. yüzyıl başlarında Rusya ve İngiltere’de görülmüştür, 1951 yılında Fransa’da bir bölge halkını etkilemiştir. İnsanlığı önemli derecede etkileyen diğer bir mikotoksikozis olayı 1942-1944 yılları arasında Rusya’nın Orenburg bölgesinde binlerce insanın ölümü ile sonuçlanan, ATA (Alimentary Toxic Aleukia - Beslenmeye bağlı toksik etki ile kanda lökosit sayısının düşmesi sonucu oluşan lösemi) olup, II. Dünya Savaşı sırasında hasat edilemeyen ve kışı kar altında geçiren tahılların tüketilmesi sonucu dermal nekrozis, hemoraji, lökopeni ve kemik iliği harabiyeti ile kendini göstermiştir. Bugün *Fusarium*' un T-2 toksininin yanında trikotesenlerin de ölüme rol oynadığı bilinmektedir (Yılmaz ve Özay, 2001).

*Penicillium* türlerinin pirinçler üzerinde toksin oluşturmalarına bağlı olarak, pirinçlerin tüketimi ile insan sağlığının bozulduğu 1890 yılından beri Japon patologlar tarafından bilinmekteydi. Sarı pirinçlerde görülen bu zehirlenme olayının sebebi; *P. islandicum* ve *P. citreoviride* gibi türlerin sarı pirinçler üzerinde oluşturdukları luteosikrin, sitrinin, sitreoviridin gibi mikotoksinlerdir (Tunail, 2000).

1928 yılında Almanya ve İskandinav ülkelerinde domuzlarda nefropati tanılanmıştır. Böbrek hastalığına neden olan ve *A. ochraceus* tarafından oluşturulan klor içeren izokumarin yapısındaki Okratoksin A’nın neden olduğu daha sonraları bulunmuş, bunun Yugoslavya, Bulgaristan, Romanya gibi ülkelerde ortaya çıkan Balkan nefropatisinin de nedeni olduğu ise çok daha sonra anlaşılmıştır.

Atların küflü yemlerle beslenmeleri sonucundaki ölümlerine özellikle Doğu Avrupa’da rastlanmıştır. Halk arasında saman hastalığı olarak bilinen bu mikotoksikozis aslında *Stachybotrys atra* 'nın neden olduğu stachybotryotoksikozistir. Atların zehirlenerek ölümüne neden olan etkili mikotoksinler; satratoksin, verrukarin, roridin olup at başına alınan 1 mg doz akut etkiye ve hayvanın 6-72 saat içinde ölümüne neden olur. *Penicillium rubrum*' un izole edildiği küflü mısırlarla beslenen at ve sığırların ölümüne ilişkin raporlar da 1927 yıllarına kadar uzanır. *Pityomyces chartarum* küfü ile bulaşık yemlerle beslenen koyun ve sığırlarda yüz ekzemasının görüldüğü yine kayıtlı öncesi bilgiler arasındadır (Tunail, 2000).

Daha önceleri de bazı küf türlerinin değişik metabolik ürünlerinin insan ve hayvanlarda patolojik ve fizyolojik bozukluklar yaptığı bilinmekle birlikte ancak 1960’lı yılların başlarında İngiltere’de bir tavuk çiftliğinde ortaya çıkan etmeni

belirsiz hastalık ve bunu takiben yapılan araştırmalar mikotoksikozisi güncel duruma getirmiştir. 1960 yılında İngiltere’de 100.000 den fazla hindinin birkaç ay içerisinde aniden ölümleri dikkati çekmiş, hastalık etkeninin hemen saptanamaması üzerine de ‘‘Hindi-x hastalığı’’ (Turkey-x disease) olarak belirtilmiştir.

Bunun zerine yapılan araştırmalarda, hayvanlara verilen yemlerde kullanılan Brezilya kaynaklı yerfıstığı küspesinin küflenmiş olduğu, toksik özellik taşıdığı saptanmıştır. Daha sonra yapılan çalışmalar sonunda, klasik ekstraksiyon ve konsantrasyon işlemleri kullanılmak suretiyle ilk defa hastalık etmeni toksin izole edilmiştir. Toksini üreten küfün *A. flavus* olduğu tanımlanmış ve bu küfün ismine ithafen difurankumarin yapıdaki toksine de Aflatoksin adı verilmiştir. Aflatoksin kelimesi *Aspergillus flavus*’un A ve fla harflerinin birleştirilmesinden türetilmiş bir isimdir. Daha sonra *A. parasiticus* türü kf mantarının da aflatoksin ürettiği bulunmuştur (Atak, 1998; Anon., 2000).

İlginçtir ki 1910 yılında bir araştırıcı küflenmiş Brezilya cevizinden *A. flavus*’u izole ettiği ve bu kf toksisiteden sorumlu tuttuğu halde bunun üzerinde fazlaca durulmamış ve 1980 yılında yapılan bir çalışma ile ilk veriler tekrar doğrulanmıştır.

Aflatoksinin bulunuşu ile toksik etkiye sahip sekonder metabolitler önem kazanmış ve 40 yıldır üzerinde sayısız araştırmaların yürütüldüğü olduğca geniş bir madde grubu oluşmuştur. Bugün gelinen noktada insanları bu toksik grubun etkilerinden korumak amacıyla mikotoksinlerin gıda ve yemlerde bulunabilecek (tolere edilebilir) en yüksek miktarları yasal düzenlemelerle belirlenmekte, her ülkenin limit (sınır) değerleri farklı olsa da uluslararası ticarete belli normlara yaklaşmak için çaba sarf edilmektedir (Tunail, 2000).

Bugün 350’yi aşkın kf suşunun; türevleri ile beraber 300’n üzerinde çeşitli mikotoksinleri ürettiği saptanmıştır. Aşağıdaki tabloda yüksek toksisiteye sahip mikotoksinler ve neden oldukları hastalıklar verilmiştir (Topal, 1987; oksyler, 1995; Taydaş ve Aşkın, 1995; Yılmaz ve zay, 2001).

Tablo 1.7 Mikotoksikozise neden olan en önemli mikotoksinler (Bor, 1998).

Toksin	Toksik Küf	Etki	Hastalık İsmi
Aflatoksin B <sub>1</sub> , G <sub>1</sub>	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A.parasiticus</i>	Hepatotoksik, Karaciğer tümörü	Aflatoksikozis
Penitrem A	<i>Penicillium palitans</i> , <i>P.crustosum</i>	Tremorjenik, Konvulsiyon	Penitrem toksikozis
Zearalenon (F-2)	<i>Gibberella zae</i>	Vulvavajinitis, Abortus	Zearalenon toksikozis
T-2 – Toksin	<i>Fusarium tricinctum</i>	Deride nekroz, hemoraji	Trichothecene toksikozis
Okratoksin A	<i>Aspergillus ochraceous</i> <i>P. viridicatum</i>	Nefrotoksik	Okratoksikozis
Sitrinin	<i>Penicilium citrinum</i> , <i>P.viridicatum</i>	Nefrotoksik	Sitrinin toksikozis
Patulin	<i>Penicillim patulum</i> , <i>P.rugulosum</i>	Karaciğer Tümörü	
Sterigmatosistin	<i>Aspergillus versicolor</i> , <i>A.nidulans</i> , <i>A.flavus</i>	Karaciğer Tümörü	
Penisilik asit	<i>Penicillium puberulum</i>	Subkutan Sarkom	

### 1.7.2 Gıdalarda bulunan mikotoksinler ve üretici fungusları

Mikotoksin üreten en önemli türler; *Deuteromycota* (Fungi imperfecti) içinde *Hypomyces* sınıfında yer alan *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria* ve *Fusarium* cinslerine giren üyelerdir. Bugüne kadar 400 mikotoksin tanımlanmış olmasına rağmen bunlardan beş veya altı tanesi çok önemlidir. Önem derecesine göre sıralama ülke ve bölgelere göre farklılık göstermekle birlikte aflatoksinler, okratoksin A (OTA), fumonisinler, trikotesenler ve zearalenonun birinci derecede önemli mikotoksinler olduğu konusunda araştırmacılar görüş birliğine varmışlardır (Anklam ve Stroka, 2002; Park, 2002) .

Aşağıdaki tabloda bu dört cins fungusun oluşturduğu başlıca mikotoksinler görülmektedir. Aflatoksin grubundaki türevler 18 civarındadır. Okratoksinler de yapı benzerliği bulunan 7 bileşiği kapsamaktadır. Ancak en önemlisi okratoksin A'dır. Trikotesenler 40 türev içerirler, hatta bu gruba 150 bileşiğin dahil olduğu ileri

sürülmektedir. *Alternaria* toksinleri de 30' un üzerinde farklı metabolit sergilemektedir (Tunail, 2000).

Tablo 1.8 Gıda ve yemlerde görülen başlıca mikotoksin üreten cinsler ve ürettikleri Mikotoksinler (Tunail, 2000).

<i>Aspergillus</i> Toksinleri	<i>Penicillium</i> Toksinleri	<i>Fusarium</i> Toksinleri	<i>Alternaria</i> Toksinleri
Aflatoksinler	Sitrinin	Zearalenon (F-2 toksin)	Alternariol
AFB <sub>1</sub>	Okratoksin A	Trikotesenler	Alternariolmonometil-eter
AFB <sub>2</sub>	Sitreoviridin	Deoksinivalenol	Altertoksin
AFB <sub>1</sub>	Rubratoksin A	Nivalenol	Tenuazonikasit
AFB <sub>2</sub>	Rubratoksin B	Diasetoksisirpenol	
AFB <sub>1</sub>	Patulin	T-2 toksin	
AFB <sub>2</sub>	Penisilikasit	HT-2 toksin	
AFB <sub>2a</sub>	P-R ( <i>Penicillium roqueforti</i> )-toksin	Tremortin	
AFG <sub>2a</sub>			
AFB <sub>3</sub>	Luteosikrin	Fusarin-C	
Aspertoksin	İzlanditoksin	Fumonisin B <sub>1</sub>	
	Ksantosilin-X	Moniliformin	
Sitrinin	Siklopiazonikasit		
Sterigmatosistin	Sitromisetin		
Okratoksin A	Rugulosin		
Patulin	Ksantomegnin		
Penisilikasit	Rugulovasin A		
	Rugulovasin B		
	Verrukulotoksin		
	Emodin		

Başlıca mikotoksin üreticilerinden *Alternaria* ve *Fusarium* cinsleri tarla küflerine, *Penicillium* ve *Aspergillus* ise depo küflerine girmektedir. Her ürünün yapısına, bileşimine, içerdiği nem oranına, bulunduğu klima koşullarına göre ürünün üzerinde

gelişen küf cinsleri, türleri, oranları, oluşturdukları mikotoksin çeşitleri ve miktarları değişir. Bir örnek oluşturmak üzere tahıl ve diğer daneli bitkilerin (baklagillerin) ürünleri küf popülasyonu ve mikotoksinler açısından incelendiğinde şu şekilde bir dağılımla karşılaşılır (Tunail, 2000).

Tarla küfleri hasattan önce olgun danelere bulaşan, pas ve yanık etmenlerinin dışında kalan funguslardır. Tarladaki bu danelerden 70 küf cinsi ve 150 tür izole edilmiştir. Bunlar arasında dominant ve önemli olanlar; *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Helminthosporium*, *Fusarium*, *Stemphylium* ve *Verticillium* cinsleridir. Küflerin konidilerindeki sporlar rüzgâr ve su ile danelere taşınır veya bitkinin enfekte olmuş kısımları danelerle temas eder. Kontamine danelerde, sporların çimlenmesi ve küflerin üremesi sonucunda renk ve görüntü değişir, çimlenme kabiliyeti düşer, mikotoksinler oluşur. Bu ürünlere birinci derecede *Fusarium*' lar musallat olur, *Fusarium* toksinlerinden trikotesenler gurubuna giren deoksinivalenol, nivalenol, diasetoksisirpenol, HT-2 ve T-2 toksinleri oluşur. Ayrıca zearalenon ve fumonisin de sentezlenebilir. Ancak usulüne uygun bir depolamada, danelerdeki nem içeriği % 13,5 – 14' ü geçmeyecek şekilde kurutulup temizliği iyi yapılmış silolarda 10-15 °C'de tutulurlarsa kontamine olmuş danelerdeki tarla küflerinin gelişmeleri ve toksin oluşturmaları önlenir. Ayrıca oluşmuş mikotoksinlerden trikotesenler depo koşullarında metabolize olur ve tamamen parçalanırlar (Tunail, 2000).

Silo içine alınan ürün sabit koşullar altına girdiğinden küf dağılımları da değişmeye başlar. Depo küflerinden önce geçiş (ara) fungus florası oluşur. Örneğin *Epicoccum*, *Chatemium*, *Nigrospora*, *Rhizopus*, *Papullaria*, *Fusarium nivale*, *Trichothecium roseum* cins ve türleri ortaya çıkar. Uzun süre depolanmış hububat ve baklagil danelerinde ise *Eurotium*, *Aspergillus* ve *Penicillium* cinslerinin baskın hale geldiği görülür (Tunail, 2000).

Depo küfleri, siloların yetersiz temizliği nedeniyle silolarda sürekli bulunur ve gelen ürünü kontamine eder. Ancak depo küflerinin danelere bulaşması asıl hasat zamanında olur. Kontaminasyonda toprak, sap, yapraklar öncelikli role sahip değildir. Buna karşın biçme yöntemi önemlidir. Elle (orakla) biçmeye oranla biçerdöverlerle yapılan hasatta *Penicillium* türleri ile kontaminasyon 250 kat fazla olmaktadır. Biçerdöverlerin elevatörleri ve depo tanklarının içi depo küflerinin kontaminasyon kaynaklarıdır. Hasat süresince danelerin tohum kabukları

konidiosporlar ve miseller ile kontamine olur. Hasat edilen daneler mikroskop altında incelendiğinde henüz spor çimlenmesi görülmeyenler düşük kaliteli sayılmazlar, funguslar fark edilir duruma gelmişlerse daha depoya girmeden kalitelerinden kaybetmişlerdir. Türkiye gibi subtropik iklimlerde, soğuk – serin bölgeye oranla hasat mevsimine ve hava sıcaklığına bağlı olarak daha az sorun yaşanır. Avrupa ve Kanada'da tahılların ve daneli ürünlerin özel kurutma tesislerinde belli bir nem oranı sağlanana kadar kurutulması büyük önem taşır (Tunail, 2000).

Danede % 13,8 – 14,3 nem içerecek şekilde kurutulan buğdaylar depolandıklarında buğday embriyosunun yalnızca *Eurotium halophilicum'* la kontamine olduğu belirlenmiştir. Bu fungus ağır geliştiği için fazlaca önemsenmez. Danede nem % 14-15 oranında ise kseroofil özellikte primer işgalci funguslar ortaya çıkar. Bunlar *Aspergillus restrictus*, *Wallemia sebi*, *E. amstelodamii*, *E. chevalieri*, *E. herbariorum*, *E. rubrum* türleri olup ürettikleri kleistotesien (cleistothecien, kapalı askokarplar) nedeniyle danelerin sarı renkle kaplanmasına neden olurlar. Depolanmış danelerde nem içeriğinin % 15,5 – 16 olması halinde *Aspergillus candidus*, *A. ochraceus* görülür. Nem içeriğinin % 17 civarında oluşu *Eurotium* cinsinin *Aspergillus'* un diğer türleri ile birlikte ortama hâkim olmasına neden olur, ancak kleistotesien üretimi geriler. Danelerin nem içeriği % 17 – 19 aralığında ise *A. flavus* gelişmeye başlar. % 20 veya daha fazla nem içeriğinde ürünün depo küfleri spektrumunda *A. flavus* % 50 ağırlıklı duruma geçer. Ayrıca *A. niger*, *A. fumigatus*, *A. terreus* gibi filamentli funguslar da ortaya çıkar (Tunail, 2000).

Havadaki bağıl nem % 85, danelerdeki nem oranı % 18 ise ve ürün düşük derecelerde depolanıyorsa en fazla *Penicillium* cinsi görülür. Tahıllarda *P. aurantiogriseum*, *P. verrucosum*, *P. corylophilum*, *P. rugulosum*, *P. piceum*, *P. purpurogenum*, *P. glabrum* ve *P. dangeardii* öne çıkan türlerdir (Tunail, 2000).

Tahılların depolanmasında geçiş dönemi küflerinden; *Chaetomium globosum*, *Fusarium nivale*, *Trichothecium roseum*, depolamada koşullara göre ortaya çıkan depo küflerinden; *E. amstelodamii*, *E. herbariorum*, *E. rubrum*, *A. candidus*, *A. ochraceus*, *A. flavus*, *A. niger*, *A. fumigatus*, *A. terreus*, *P. aurantiogriseum*, *P. verrucosum*, *P. rugulosum*, *P. purpurogenum*, önemli mikotoksin üreticileri olarak tehlikelidir (Tunail, 2000).

Aşağıdaki tabloda tarım ürünleri ve gıdalarda rastlanan mikotoksinler, üreticileri, bu mikotoksinlerin en fazla görüldüğü gıdalar ve memeli hayvanlar üzerindeki etkileri gösterilmiştir.

Tablo 1.9 Önemli mikotoksinler, üreticileri, etkileri ve buldukları ürünler  
(Müller ve ark., 1993)

<b>Mikotoksin</b>	<b>Toksini üreten fungus türleri</b>	<b>Memeli hayvanlara etkileri</b>	<b>Bulunduğu ürünler</b>
Aflatoksin	<i>A. flavus</i> , <i>A. parasiticus</i>	hepatotoksik, kanserojen, teratojen (AFB <sub>1</sub> )	yer fıstığı, fındık vb. yem, süt, peynir, kuru meyveler
Bisoklamikasit	<i>Byssochlamys fulva</i> ( <i>Paecilomyces</i> <i>variotii</i> )	Kanama	meyve suları
Sitrinin	<i>P. citrinum</i> , <i>A. terreus</i>	nefrotoksik, nörotoksik	pirinç, arpa ve unları, fasulye
Siklopiazonikasit	<i>P.</i> <i>aurantiogriseum</i> , ( <i>P. cyclopium</i> ), <i>P.</i> <i>griseofulvum</i> , <i>A.</i> <i>flavus</i>	hepatotoksik, kanserojen	un, fasulye, yem, et ürünleri
İzlanditoksin	<i>P. islandicum</i>	Hepatotoksik	pirinç
Luteosikrin	<i>P. islandicum</i>	hepatotoksik, kanserojen	pirinç, yem
Maltorisin	<i>A. oryzae</i>	Hepatotoksik	malt embriyosu
Okratoksin	<i>A. ochraceus</i> , <i>A. alutaceus</i> , <i>P. verrucosum</i> , <i>P.</i> <i>aurantiogriseum</i> ,	nefrotoksik, hepatotoksik, teratojen, immunosupresif	tahıllar, sebzeler, domuz eti, balık ürünleri, malt, kuru meyveler



Tablo 1.9 (Devam) Önemli mikotoksinler, üreticileri, etkileri ve buldukları ürünler  
(Müller ve ark., 1993)

Patulin	<i>P. expansum</i> , <i>P. patulum</i> , <i>A. clavatus</i> , <i>A. giganteus</i> , <i>B. nivea</i>	nörotoksik, hücreye toksik	meyveler, meyve suları, malt embriyosu
Penisilikasit	<i>P. martensii</i> , <i>P. viridicatum</i> , <i>P.</i> <i>aurantiogriseum</i> , <i>A. alutaceus</i>	hepatotoksik, nefrotoksik, teratojen	pirinç, pirinç unu
Psoralen	<i>Sclerotinia</i> <i>sclertiorum</i>	dermatoksik, mutajen, nekroz oluşumu	sebze (kereviz)
Rubratoksin	<i>P. rubrum</i> , <i>P. purpurogenum</i>	hepatotoksik, teratojen	tahıllar
Sporidesmin	<i>P. chartarum</i>	hepatotoksik, dermatoksik	delice otu
Sterigmatosistin	<i>Bipolaris</i> türleri, <i>E. amstelodamii</i>	Kanserojen	buğday, yer fıstığı
Trikotesenler (Diasetoksisirpenol, T-2 Toksin, Nivalenol)	<i>F.</i> <i>sporotrichioides</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>Myrothecium</i> <i>roridum</i> , <i>Trichoderma</i> <i>viride</i> , <i>Trichothecium</i> <i>roseum</i>	Alimentary Toxic Aleukia (ATA), düşük dozlarda kusma, lökopeni, deri nekrozları	tahıllar, fasulye, meyve ve sebzeler
Zearalenon (F-2 Toksin)	<i>F. graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. equiseti</i>	östrojen benzeri etki	mısır, buğday, fasulye, pirinç, yem

Yukarıdaki tabloda gıdalarda ve yemlerde en sık görülen filamentli funguslar, sistematikteki yerleri belirtilerek gösterilmiştir. Bu küflerin bir kısmı bozulmaya neden olurken bir kısmı da oluşturdukları mikotoksinlerden dolayı önemlidir. Gıdalarda rastlanan tüm fungus cinsleri; *Zygomycota*, *Ascomycota* ve *Deuteromycota* (Fungi imperfecti) bölümleri içinde bulduklarından doğal olarak burada *Mycobiota* aleminin *Oomycota* ve *Basidiomycota* bölümleri yer almamıştır. Küflerde eşeysiz çoğalma seksüel çoğalmaya göre daha fazla önemlidir. Seksüel çoğalma ve oluşturulan seksüel organ ve oluşumlar ise onların taksonomik sınıflamalarında büyük değer taşır (Tunail, 2000).

### **1.7.3 Mikotoksinlerin canlılara etkileri**

Mikotoksinler içinde yüksek organizmalara en etkili olanlar; aflatoksinler, *Fusarium* türlerinin oluşturduğu trikotesenler, fumonisinler ve okratoksin A' dır. Canlılarda alınan mikotoksin dozuna bağlı olarak iki farklı etki görülebilir. Yüksek dozda alındıklarında akut toksik etki meydana gelir ve gıda veya yemin tüketilmesinin ardından kısa sürede ölüm görülebilir. Bazı mikotoksinler ölümden önce çok az belirgin semptomlar gösterirler. Bir kısmı ise deri nekrozları, lökopeni (kanda lökosit sayısının azalması) ve immunosupresif (bağışıklık sisteminin baskılanması) etkiler ile belirginleşirler ve ağır hastalıklara neden olurlar. Daha az dozların uzun süre alınmaları sonucunda kronik hastalıklar görülür. Bunlar; özellikle karaciğer, böbrek gibi organlarda hastalıklar, dejenerasyonlar, bağışıklık sisteminde bozukluklar, kusurlu ve eksik organ oluşumları, deri nekrozları, üremede azalma ve kilo kaybı gibi bozukluklardır. Akut toksik etkiye bireyin duyarlılığı, genetik ve fizyolojik özellikleri ve çevresel faktörler etkendir (Tunail, 2000).

Mikotoksinlerin insanlar üzerindeki etkilerini net olarak söyleyebilmek olanaklı değildir. İnsanlar üzerinde direk araştırmalar yürütülemediğinden toksisite denemeleri en duyarlı hayvan olan ördek yavruları, fareler ve ratlar kullanılarak genellikle oral dozlarla bazen de subkutan yolla (deri altı enjeksiyonları ile) yapılır. Bir mikotoksinin toksisitesi belli bir hayvan türü için onun lethal dozu (LD<sub>50</sub> değeri) ile belirtilir. Bu değer hayvanlarda kg başına, bazen de birey başına düşen doz (mg, µg, ng) olarak verilir. Hayvan denemelerinde akut ve kronik etkileri saptanan mikotoksinlerin insanlar için de tehlikeli olacağından kuşku duyulmamalıdır. En

azından bu mikotoksinlerin gıdalarda ve yemlerde bulunması tolere edilmemelidir (Tunail, 2000).

Mikotoksinlerin vücutta etkili oldukları organ ve dokulara göre veya etki mekanizmalarına bağlı olarak çeşitli etkilerinden söz edilir. Karaciğere etki edenler "hepatotoksik", deriye etkili olanlar "dermatoksik", böbreklerde toksik etki yapanlar "nefrotoksik", sinir sistemine etki edenler "nörotoksik", bağışıklık sistemini etkileyenler "immunotoksik" veya "immunosupresif" olarak tanımlanırlar. Toksik etkilerinden başka; mutajenik, kanserojenik, teratojenik, halusinojenik, östrojenik, tremorjen etkileri de görülebilmektedir. Mikotoksinler filamentli fungusların toksinlerini kapsadığından *Basidiomycota* içinde yer alan şapkalı mantarların toksinleri mikotoksinler grubuna dahil değildir.

Mikotoksinlerin çeşitli biyolojik etkileri onların reaksiyonca aktif kimyasal yapılarından ileri gelir. Küçük molekülü bu bileşikler metabolizmada önemli işlevleri olan çok sayıdaki molekülün reseptörleri olarak davranırlar. DNA, RNA, fonksiyonel proteinler, enzim kofaktörleri, membrandaki kimyasal yapılar ile reaksiyona girerler, hormon aktivitelere etkili olurlar, biyosentez yollarını ve enerji üretimini inhibe ederler. Örneğin difuran kumarin derivatı olan aflatoksin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>)' in kabul edilen etki mekanizması, toksin molekülünün DNA' ya bağlanarak RNA-polimeraz enziminin çalışmasını inhibe ettiği şeklindedir. m-RNA sentezinin yapılamaması, protein sentezinin gerçekleşmesini engeller. Hepatotoksik ve kanserojen olan aflatoksin B<sub>1</sub>' in karaciğer kanserine neden olması molekülün nükleik asitlere etkisinin sonucu olarak görülür (Tunail, 2000; Anon., 2006).

Sonuç olarak mikotoksinler insanlarda; karaciğer kanserine ve gen yapısında değişikliklere yol açar, vücudun hormonal dengesini bozar, vücudun koruyucu (bağışıklık) sistemini zayıflatır, kısırlığa ve sakat doğumlara neden olur, gıda emilimini azaltır ve kemikleri zayıflatır, vücut direncini düşürerek vücudu hastalıklara açık hale getirir (Anon., 2007).

#### **1.7.4 Mikotoksin oluşumu etkileyen faktörler**

Mikotoksin oluşumunu etkileyen birçok faktör bulunmakla beraber bunların başında çevresel faktörler gelir. Tarım ürünü veya gıdanın nem içeriği, atmosfer bağıl neminden etkilendiğinden sıcaklıkla birlikte bağıl nem öncelikle fungus sporlarının çimlenmesini ve misellerin gelişmesini, ardından da toksin oluşumunu etkileyen en

önemli faktördür. Tarım ürününün veya gıdanın çeşidi, kimyasal kompozisyonu, ürünün yetiştirildiği iklim bölgesi, ürünün olgunluk durumu, hasat, işlemler, depolama bulaşan küflerin spektrumuna etki eden diğer faktörlerdir. Her şeyden önce tarımsal ürünün veya gıdanın küf spektrumunda bulunan küflerin potansiyel mikotoksin üreticisi olup olmadıkları önem taşır. Kontamine küfler mikotoksin üreticisi olsalar bile toksinin sentezlenmesine; ürünün nem içeriği, sıcaklık, işleme ve depolamada havanın bağıl nemi etkendir. Ayrıca atmosferik oksijen, diğer modifiye atmosfer gazları, ışık, süre, pH gibi faktörlerin de etkisi vardır.

Tahıllar, baklagil daneleri, yer fıstığı, fındık, ceviz, badem, yağlı tohumlar, baharat ve bazı meyveler doğal korunma sistemlerine sahiptirler. Bitkisel ürünlerin çoğu hasat işlemi ve proseslerden önce küf kontaminasyonlarından korunur. Çünkü biyolojik olarak dışarıdan kabuk, çekirdek veya tohum kabuğu ile çevrelenmişlerdir. Ayrıca eterik yağlar, antibiyotik etkili maddeler, fitositler dış dokuda lokalize olmuşlardır. Büyümekte olan ve % 25 su içeren yer fıstıkları küflerle kontamine olmazken, olgunlaşmış fıstıklar çok daha az su içeriğine karşın yerde bırakıldıklarında süratle küflerin hücumuna uğrarlar. Gelişmekte olan bitkide büyük olasılıkla bir savunma mekanizması bulunmaktadır (Tunail, 2000).

*A. flavus* 'un et ürünlerinde çok az, buna karşılık su içeriği çok daha düşük olan tahıllarda sıklıkla ve daha fazla aflatoksin oluşturması veya tahıllar içinde mısırın okratoksin A ile kontaminasyona en fazla eğilimli ürün olması hem gıdanın kompozisyonu hem de çevresel faktörlerle açıklanabilecek bir durumdur (Tunail, 2000; Anon., 2006).

Genel olarak küfler 25°C'de, %80 bağıl nemde iyi gelişirler. Aflatoksinler uygun sıcaklıkta ve yüksek bağıl nemde hem hasat öncesi hem de hasat sonrası oluşabilmektedir (Helferich ve Winter, 2000).

Meyveler 2,5 – 5,0 arası pH'ya sahiptirler. Pek çok küf asidik koşullarda gelişebilir. Meyvelerin olgunlaşması sırasında pH artar, dokuları yumuşar, çözünür karbonhidratlar meyvede birikmeye başlar. Bu dönemde meyve küf gelişimine oldukça hassas hale gelir (Splittstoesser, 1987).

Hasat öncesi ya da sonrası küf ve mikotoksin oluşumu görülen ürünler mısır, yer fıstığı, pamuk tohumu, pirinç, kabuklu yemişler, tahıllar ve meyvelerdir. Et, süt,

yumurta gibi hayvansal gıdalar ise hayvan yemleriyle hayvana geçerek mikotoksinlerle kontamine olurlar (Jay ve ark., 2005).

Gıdada mikotoksin oluşumu gıdanın nem içeriği ve içerdiği küf florası kadar kurutma ve depolama şartlarına da bağlıdır. Gıdada küf bulunmaması mikotoksin olmadığı ya da küf olması mikotoksin bulunduğu anlamına gelmemektedir. Gıdada küf olmadan mikotoksin bulunması mikotoksinin gıda işleme prosesinden önce, erken aşamalarda oluştuğunu göstermektedir. Küfler uzaklaştırılsa bile kimyasal stabiliteyi nedeniyle mikotoksinler işleme süresince bozulmadan kalabilirler (De Vries, 1997).

Küfler depo koşullarında %13 – 18 nemde iyi gelişirler. Yapılan çalışmalar neticesinde (Bullerman ve ark., 1984) genel olarak mikotoksin oluşumunun %13 – 16 nemde başladığını ve % 20 – 25 nemde maksimuma ulaştığını belirtmiştir (Bullerman, 1979; Ominski ve ark., 1994).

#### **1.7.5 Gıdaların mikotoksinlerle kontaminasyon yolları**

Tarımsal ürünler, hasattan başlayarak işleme ve depolama aşamalarında, ortam koşullarına, tarım ürününün bileşimine ve su içeriğine bağlı olarak değişik küflerle kontamine olurlar. Bu küflerden bazıları da mikotoksin oluşumuna neden olmaktadır (İşman, 2004).

Bitkisel ürünlerde mikotoksin kontaminasyonu tarlada olgunlaşma evresinden başlayarak, hasatta, kurutma aşamasında ve ağırlıklı olarak da depolanma evresinde meydana gelir. Yer fıstığı, fındık v.b. ürünlerde toksin kontaminasyonu hasat edilen ürünlerin kurutulma aşamalarında başlar. Kırılan, hasar gören fındık fıstık kabukları küf misellerinin iç daneye geçişine ve mikotoksin oluşturmaya olanak sağlar. Ayrıca nem oranında dalgalanmalara neden olur.

Gıdaların küflerle kontaminasyonu üç yolla gerçekleşir:

1. Direkt Kontaminasyon: Gıdanın gözle fark edilir şekilde küflenmesi mikotoksinin direkt kontaminasyonuna neden olur. Bitkisel ürünlerden; tahıllarda, baklagil danelerinde (soya fasulyesi, fasulye v.b.), fındık, yer fıstığı, ceviz, Antep fıstığı, badem, ayçiçeği tohumu, pamuk tohumu gibi yağlı tohumlarda, ekmekte, meyvelerde, doğal küflerle olgunlaştırılan et ürünlerinde, süt mamullerinden özellikle peynirlerde ve baharatta mikotoksin kontaminasyonu direkt yolla ve önemli

düzyeyde meydana gelir. Gözle görülür şekilde tüm ürünün küflenmesi ürünün işlenmesini ve tüketimini olanaksız hale getireceğinden herhangi bir risk taşımaz. Ancak ürün partilerinin çok az bir kısmında başlayan küflenme özellikle depolanmada mikotoksin riskini artırır.

2. İndirekt Kontaminasyon: Gıdaların mikotoksinlerle indirekt kontaminasyonu, mikotoksinle kontamine olmuş hammaddelerin veya katkı maddelerinin gıda üretiminde kullanılmasıyla meydana gelir. Patulinle bulaşık meyvelerin meyve suyu ve konsantrelerine işlenmesi, aflatoksin içeren incirlerden kuru incir ve incir ezmelerinin üretilmesi, yine kontamine yer fıstıklarının fıstık ezmesi v.b. ürünlerde kullanılması indirekt yolla kontaminasyonlara örnek oluşturur.

3. Carry Over: Gıdaların mikotoksinlerle kontaminasyonlarında "carry over" olarak adlandırılan üçüncü bir yol daha vardır. Çiftlik hayvanları mikotoksinlerle kontamine yemlerle beslendiklerinde toksinleri metabolize ederek, büyük kısmını idrar ve dışkı ile atarlar. Ancak metabolize formlara; kanda, sütte, bazı organlarda hatta ender olarak yağlı kas dokularında rastlanır (Tunail, 2000; Anon., 2006).

Küflerle kontaminasyon iki açıdan önemlidir:

1. Tarımsal ürünlerde bozulmalara, ürünün besin değerinde kayıplara, danelerin çimlenme yeteneklerinde düşüöşlere, özet olarak ekonomik kayba neden oldukları için önemlidirler.

2. Gıda ve yemlerde gelişen funguslar, gelişme sürecini tamamladıktan sonra, miselleri içerisinde toksik metabolitler oluştururlar ve bunları buldukları ürüne salgırlar. Bu toksik metabolitler insan ve hayvan sağlığını tehdit ettiğinden, küflenme ekonomik boyutun ötesinde de önem taşımaktadır (İşman, 2004).

### **1.8 Kuru İncirde Bulunan Mikotoksinler**

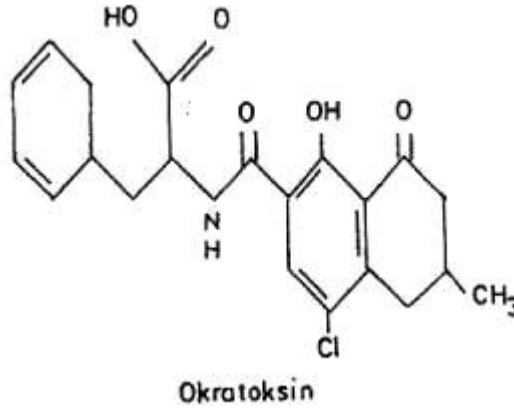
İncir meyvesi yüksek oranda şeker içeriği, hasat ve hasat sonrası koşullar nedeniyle küf ve mikotoksin oluşumunun görüldüğü bir üründür. İncir tarlada küfle kontamine olmakta, küf ve mikotoksin oluşumu daha sonraki aşamalarda da devam etmektedir (Buchanan ve ark., 1975).

Yapılan çeşitli çalışmalarda kuru incirlerde bulunan başlıca mikotoksinlerin; okratoksin A, fumonisin ve aflatoksin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> olduğu görülmüştür.

### 1.8.1 Okratoksinler

Okratoksin oldukça yaygın olarak bulunan *Aspergillus* ve *Penicillium* grubu küflerin değişik tür ve suşları tarafından üretilen bir mikotoksindir. Okratoksini oluşturan küfler, *A. ochraceus*, *A. melleus*, *A. sulphureus*, *P. verrucosum* ve *P. palitans* olarak bilinmektedir (Baudrimont ve ark., 2001; Arbillaga ve ark., 2007).

OTA; suda çözünen, renksiz bir bileşiktir. UV ışınları altında mavi renkte floresans verir. Kimyasal yapısında fenilalanin, klor ve ve hidroksil içeren dihidroizokumarin bulunur. okratoksin A' nın Cl içermeyen derivatı okratoksin B, etilester derivatı ise okratoksin C'dir. Bu iki derivat gıdalarda görülseler de düşük konsantrasyonda bulduklarından fazlaca önem taşımazlar. Aşağıdaki şekilde okratoksin A'nın kimyasal yapısı görülmektedir.



Şekil 1.4 Okratoksin A'nın kimyasal yapısı

OTA doğada sık olarak bulunması ve neden olduğu patolojik durumlar itibariyle oldukça önemli bir okratoksindir. OTA'nın Danimarka'da domuzlarda görülen bir tür nefropatiden ve kümes hayvanlarındaki mikotoksikozdan sorumlu olduğu, Balkan endemik nefropatisinde (BEN) ve Kuzey Afrika'da yaygın görülen üriner sistem tümörlerinde rol oynadığı düşünülmektedir (Steyn ve Stander, 1999; Lau ve ark., 2000; Ruprich ve Ostry', 1993).

OTA, DNA kırılmaları, protein sentezi inhibisyonu ve glikoneogenez, mitokondride oksidatif fosforilasyonun bozulması ve kanın pıhtılaşmasının engellenmesine neden olmasıyla insan sağlığı için büyük önem taşımaktadır (Faucet ve ark., 2006).

Yapılan araştırma verilerine dayanarak OTA'nın temel toksik etki mekanizması olarak, ATP azalmasına bağlı olarak mitokondriyel solunumun inhibisyonu, protein

sentezinin azalmasına eşlik eden tRNA sentezinin inhibisyonu, lipit oksidasyonunun artması ileri sürülmektedir (Soyoz ve ark, 2004).

OTA, IARC (Uluslararası Kanser Araştırma Örgütü) tarafından “**Grup IIB**” muhtemel karsinojen olarak sınıflandırılmıştır. OTA dolaylı karsinojen mekanizması aracılığıyla epigenetik karsinojen olarak da adlandırılmaktadır. Ancak aynı zamanda DNA’ya doğrudan bağlanabilmesi nedeniyle doğrudan karsinojen olarak kabul edilmektedir (Faucet ve ark., 2006; Romani ve ark., 2003).

Okratoksinler; arpa, mısır, buğday, çavdar ve yulafın yanı sıra fasulye, incir, kuru üzüm, zeytin, kabuklu yemişler, kahve tohumu, baharatlar, greyfurt suyu ve hayvansal ürünlerde de bulunabilmektedirler (McMasters ve Vedani, 1999; Petzinger ve Ziegler, 2000; De Saeger ve Van Peteghem, 1999).

Avrupa Birliği tarafından bebek mamaları için müsaade edilen düzey 1 ppb; tahıllar için ise 5 ppb olarak belirlenmiştir (Tunail, 2000). Günlük tolere edilebilir düzey (TDI) olarak ise 5 ppt vücut ağırlığı OTA’ya müsaade edilmektedir (Petzinger ve Ziegler, 2000). Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO) tarafından OTA üzerinden belirlenen limitler aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Tablo 1.10 Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO) tarafından OTA üzerinden belirlenen limitler

Ürün	Limit (ppb)
Çocuk ve bebek mamaları	0,5 – 5
Yiyecekler	2 – 50
Hayvan yemi	5 – 300
Şarap	0,2 – 1
Bira	0,2
Yeşil kahve tohumu	8
Kavrulmuş kahve ve kahve ürünleri	4

İnsanlara geçen OTA' nın asıl kaynağının hayvansal ürünler olduğu konusunda birçok otorite hemfikirdir. Hayvan yeminde kritik konsantrasyon olan 200 ppb düzeyinin üzerindeki değerler hayvan organ ve dokularında OTA kalıntısının düzeyini arttıracığından tehlikelidir.



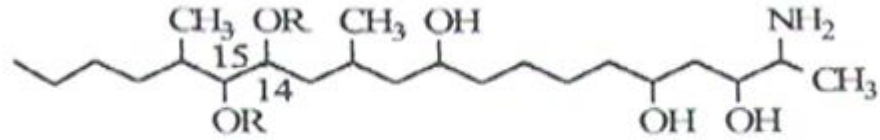
Türkiye’de yapılan tarama çalışmaları sonuçlarına göre tarımsal ürünlerin OTA açısından tehdit oluşturmadığını göstermektedir. Ancak ne yazık ki gerek kuru incirlerimiz gerekse toz ve pul biberlerimiz yüksek düzeylerde OTA içeren ürünlerimizdir. Türkiye’de gıdalarda bulunabilecek maksimum OTA değerleri; Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı’nın hazırlamış olduğu Türk Gıda Kodeksi’nde belirlenmemiştir. Aşağıdaki tabloda ürünlerdeki limitler gösterilmiştir.

Tablo 1.11 Türk Gıda Kodeksi’nde OTA için belirlenen limitler

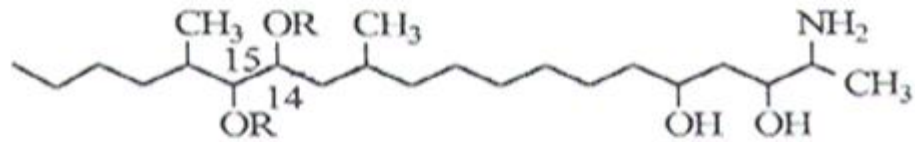
<b>Gıdalar</b>	<b>Okratoksin A (ppb)</b>
İşlenmemiş tahıllar	5,0
Tahıldan elde edilen tüm ürünler (doğrudan tüketime sunulan tahıllar ve işlenmiş tahıl ürünleri dahil)	3,0
Kurutulmuş asma meyveleri (kuşüzümü, kuru üzüm ve çekirdeksiz üzüm dahil)	10,0
Kavrulmuş kahve çekirdeği ve öğütülmüş kahve	5,0
Kahve ekstraktı, çözünebilir kahve ekstraktı veya çözünebilir kahve	10,0
Şarap (köpüklü şarap/şampanya dahil, likör şarapları ve hacmen alkol miktarı en az % 15 olan saraplar hariç) ve meyve şarapları	2,0
Aromatize şarap, aromatize şarap bazlı içki ve aromatize şarap kokteyli	2,0
Üzüm suyu, üzüm suyu konsantresi, üzüm nektarı ile doğrudan tüketime sunulan üzüm sırası ve üzüm sırası konsantresi	2,0
Bebek ve küçük çocuk ek gıdaları	0,5
Bebekler için özel tıbbi amaçlı diyet gıdalar	10,0
Diğer gıda maddeleri (bulunması muhtemel riskli gıdalar)	10,0

### 1.8.2 Fumonisinler

Fumonisinler, lökoensefalomalazi olarak bilinen hastalığın yıllar süren araştırması sonucu bulunmuşlardır. Fumonisin ilk olarak 1988 yılında *Fusarium moniliforme*'nin metaboliti olarak izole edilmiştir. Fumonisinler, *F. moniliforme* ve *F. proliferatum* gibi dünyada çok yaygın küflerce üretilen mikotoksinlerdir. Fumonisinin 6 tipi ayırt edilmiştir. Bunlardan en bilineni fumonisin B<sub>1</sub> (FB<sub>1</sub>)'dir. FB<sub>1</sub> ve FB<sub>2</sub> major toksinler olup, FB<sub>3</sub>, FB<sub>4</sub>, FA<sub>1</sub> ve FA<sub>2</sub> minör olanlarıdır. Aşağıdaki şekilde fumonisin grubunun başlıca toksinleri olan FB<sub>1</sub> ve FB<sub>2</sub>'nin yapıları gözlenebilir (Smith ve Thakur, 1996).



Fumonisin B<sub>1</sub>



Fumonisin B<sub>2</sub>

Şekil 1.5 Fumonisin B<sub>1</sub> ve B<sub>2</sub>'nin yapıları (Smith ve Thakur, 1996).

Fumonisinin genel toksisitesi nonkompetitif olarak ribozom fonksiyonlarını etkileyerek, protein biyosentezini inhibe etmelerine dayanır (Bretz ve ark., 2006). Uluslararası Kanser Araştırma Örgütü (IARC) tarafından “**Grup IIB**” muhtemel karsinogen olarak sınıflandırılan FB<sub>1</sub>'in hayvanlarda pek çok hastalığa ve insanlarda da yemek borusu kanserine neden oldukları tespit edilmiştir.

FB<sub>1</sub>'in tavuklarda karaciğer, böbrek, kalp ve akciğerlerde lezyonlara ve ani ölümlerine neden olduğu gözlenmiştir. Fumonisin alımı makrofajlarda azalma nedeniyle azalmış immun cevap ve neticede enfeksiyon ve FB<sub>1</sub> kaynaklı karsinogenez ile sonuçlanabilir (Steyn ve Stander, 1999).

Hayvanlarla yapılan toksikolojik incelemeler en hassas türün atlar olduğunu göstermiştir. Lökoensefalomalazi (LEM) (beyin iltihabı) riskini azaltmak için at yemlerinde maksimum 5 ppm fumonisin miktarına izin verilmesi tavsiye edilmiştir. Pulmoner ödemi engellemek için benzer şekilde domuzlarda maksimum 10 ppm'lik bir miktara, sığır ve kümes hayvanlarında ise fumonisinin etkilerine duyarlılıkları diğer türlere göre daha düşük olduğundan dolayı 50 ppm'e kadar fumonisine izin verilmektedir (Steyn ve Stander, 1999; Solfrizzo ve ark., 1997). Aşağıdaki tabloda fumonisinler için müsaade edilen düzeyler verilmiştir (Steyn ve Stander, 1999).

Tablo 1.12 Fumonisinler için müsaade edilen düzeyler (Steyn ve Stander, 1999).

<b>Yem Türü</b>	<b>Müsaade Edilen Limit (ppm)</b>
Sığır ve kümes hayvanları için	50
Domuzlar için	10
Atlar için	5

Fumonisinler karaciğer, akciğer ve beyine toksik olmalarının yanı sıra böbrekleri de etkilemektedirler (Solfrizzo ve ark., 1997; Wang ve ark., 1999). Fumonisin uygulaması idrar ozmolalitesini azaltmış, idrar konsantre etme kabiliyetini bozmuş ve idrarla protein kaybını arttırmıştır. Total protein, laktat dehidrogenaz,  $\gamma$ -glutamil transpeptidaz ve N-asetil- $\beta$ -D-glukozaminidaz aktivitelerinde artma gözlenmiştir. FB<sub>1</sub>'e maruz bırakılan erkek farelerde yapılan çalışmalarda böbreklerde organik anyon ve katyon alımının azaldığı saptanmıştır (Wang ve ark., 1999).

FB<sub>1</sub> normal yiyecek hazırlama işlemlerinin çoğuna dayanıklı olan bir bileşiktir. Su da dahil olmak üzere pek çok polar solventte çözünür ve polar olmayan çözücülerde çözünürlüğü yoktur. Fumonisinlerle kontamine olmuş yiyecek ve yemler için bilinen hiçbir detoksifikasyon yöntemi bulunmamaktadır.

Fumonisin, üretilen miktarının %90'ı ihraç edilen geleneksel ürünlerimizden olan incirde, en önemli fungal hastalıklardan biri olan iç çürüklüğü hastalığına sebep olmaktadır. Bu hastalık incirde ciddi derecede hem ekonomik açıdan hem de kalite açısından kayıplara neden olmaktadır.

Ülkemizde kuru incirlerde fumonisin üzerine yapılan araştırma sonuçlarına göre, Avrupa Birliği Komisyon'unda alınan kararlar doğrultusunda işlenmiş mısır ürünlerinde (400 ppb) ve bebek mamalarında (200 ppb) belirlenen limitlere yakın değerler bulunmuş olması, incirde fumonisinin önlem alınmadığı takdirde ileride problem yaratabileceğinin sinyallerini vermiştir (Oruç, 2005).

Doğrudan tüketime giden A kalite sınıfına dahil olan örneklerde fumonisin seviyesi ve sıklığının hurda sınıfına dahil olanlardan daha fazla olduğudur. Fumonisin ağaç üzerindeki meyvelerde oluşmaya başlama zamanı, riskli dönemler, incirde toksin üreten *Fusarium* ırklarının tanımlanması ve diğer *Fusarium* toksinleri gibi daha birçok konuda detaylı çalışmalara gerek olduğu şüphe götürmez bir gerçektir.

Avrupa'da, Bulgaristan'da mısır ve mısır ürünlerinde, Fransa'da buğday ve ürünlerinde, İsviçre'de mısırdaki fumonisin için 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).

Aşağıdaki tabloda Avrupa Birliği Komisyon kararı gereğince  $FB_1+FB_2$  için maksimum düzeyler belirtilmiştir.

Tablo 1.13 Avrupa Birliği Komisyon Kararı gereğince  $FB_1+FB_2$  için maksimum düzeyler

Ürün	Maksimum düzey (ppm)
İşlenmemiş mısır	2 ppm
Mısır unu	1 ppm
Mısır ürünleri	0,4 ppm
Bebek mamaları	0,2 ppm

Türkiye'de mısır ve ürünleri için 17 Mayıs 2008 tarih, 26879 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan 2008/26 nolu tebliğe göre ise maksimum  $FB_1+FB_2$  limitler işlenmemiş mısırdaki 4 ppm, mısır unu ve mısır bazlı ürünlerde 1 ppm, mısır bazlı kahvaltılık tahıllar ve çerezlerde 0,8 ppm, bebek mamalarında 0,2 ppm olarak tespit edilmiştir.

### 1.8.3 Aflatoksinler

Aflatoksinler küf mantarları tarafından sentezlenen, insan ve hayvanlarda toksik zehirlenmelere yol açan önemli bir metabolittir. Toksik etki türe göre değişiklik göstermekle birlikte aynı tür içinde dahi farklı etki gösterebilir (Arda, 1980; Milton ve Scott 1991).

Aflatoksin filamentli funguslardan *Aspergillus* cinsine ait üç tür ve iki alt tür tarafından oluşturulur. Bunlar; *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. nomius* türleri ve *A. flavus* var. *columnaris*, *A. parasiticus* var. *globosus* alt türleridir. Bunların dışında *Penicillium*, *Rhizopus* ve *Streptomyces* cinsleri belirtilmişse de çok sayıda fungal izolatin taranması sonucu yalnızca iki *Aspergillus* türünün toksin üretme yeteneğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bunlar; “*A. flavus*” ve “*A. parasiticus*” mantar türleridir. Son yıllarda üçüncü bir tür olarak “*A. nomius*” bunlara eklenmiştir (Bennet ve Papa, 1988). Aşağıdaki şekilde *A. flavus* mantar türünün yapısı gösterilmiştir.



Şekil 1.6 *A. flavus*'un yapısı (Özpala, 2006).

Aflatoksinler; UV ışığı altında gösterdiği floresans özelliğine göre, mavi floresans özellik gösteren B<sub>1</sub> ve B<sub>2</sub>, yeşil floresans özellik gösteren G<sub>1</sub> ve G<sub>2</sub> olmak üzere dört esas unsurdan oluşmuştur (Coker ve Jones, 1988).

Küfler, depolanmış taneler, fındık, yerfıstığı, pamuk tohumu, pirinç, kestane, ceviz ve diğer tahıl çeşitleri gibi tarımsal ürünler için bir dizi problemler oluşturmaktadır. Örneğin, *A. flavus*'un genellikle aflatoksin B'yi tarla aşamasında (hasattan önce) sıklıkla ürettiği, *A. parasiticus*'un ise aflatoksin B'nin yanında G'yi de üretme yeteneğinde olduğu belirtilmiştir (Topal, 1987; Anon., 2000).

Aflatoksin oluşturan türlerin bütün suşlarının toksin sentezlemeleri söz konusu değildir. Gıdalardan ve yemlerden izole edilen ve toksin üretimi açısından test edilen

3000 civarında *A. flavus* suşundan % 76' sının bu yeteneğe sahip olduğu gösterilmiştir. Türkiye' de yapılan iki ayrı çalışmada “aflatoksin üretme yeteneği / test edilen *A. flavus* sayısı” 3/18 ve 20/43 olarak belirlenmiştir (Tunail, 2000).

*A. flavus* bütün dünyada daha yaygın olarak bulunur. *A. parasiticus* ise daha fazla tropik ve subtropik iklim bölgelerinde görülür. Her ikisine de topraklarda sıklıkla rastlanır. Havada, canlı veya ölü hayvanlar ve bitkiler üzerinde de bulunurlar. Küflerin aflatoksin üretimleri; genetik potansiyel, çevre koşulları ( $a_w$ , sıcaklık, substrat, pH, redoks potansiyeli) ve fungusla substratın bulaşması gibi faktörlere bağlıdır (Tunail, 2000).

*Aspergillus*'lar mezofilik karakterli olup 6 – 8°C'den 50 – 60°C'ye kadar gelişebilirler. Optimum gelişme sıcaklıkları 35 – 38°C'dir. 10 – 13°C'lerin altında ve 41 – 42°C'lerin üzerinde aflatoksin oluşumu sınırlanır. En yüksek toksin oluşumuna ise 25 – 30°C'lerde ulaşır. Yapılan denemelerle; belli bir sıcaklıkta ve sürede oluşan aflatoksin düzeyinin, dalgalı sıcaklıklarda ve aynı sürede oluşan aflatoksin düzeyinden çok daha az olduğu (1/4) gösterilmiştir. Buradan sıcaklıkların iklime bağlı olarak iniş ve çıkışlarının aflatoksin sentezini stimüle ettiği sonucu çıkar (Tunail, 2000).

*A. flavus* ve *A. parasiticus* diğer bazı *Aspergillus* türleri ile birlikte kserofilik küfler içinde yer alır. *Penicillium*' lar da birçok fungus cinsine oranla daha düşük minimum  $a_w$  değerlerinde gelişebildiklerinden kserotolerant funguslara dahildir. *Aspergillus*'ların optimum gelişmeleri için gereken  $a_w$  değerleri 0,97 – 0,99 arasında olmakla birlikte gelişimlerini 0,80  $a_w$  değerinin altında da sürdürebilirler. *A. parasiticus*, gelişimi için minimum 0,78 – 0,84 arası  $a_w$  değerlerini talep ederken *A. flavus* minimum 0,78 – 0,82 arası  $a_w$  değeri ister. Toksin oluşumu için her ikisi de biraz daha yüksek minimum  $a_w$  değerlerine gereksinim duyarlar (*A. parasiticus* için minimum  $a_w$  değeri 0,87, *A. flavus* minimum  $a_w$  değerleri 0,83 – 0,87 arasındadır). Aflatoksin oluşumu için fungus türüne göre farklılık gösteren minimum  $a_w$  değeri, substrata göre daha da farklılaşır. Toksinin sentezlenebilmesi için minimum  $a_w$  değerleri pirinçte 0,70 – 0,75, mısırdaki 0,80, yer fıstığında 0,85, salamda 0,94 olarak belirlenmiştir. Aşağıdaki tabloda; mikotoksin üreticisi kserofilik karakterli fungusların gelişmelerini ve mikotoksin sentezlemelerini sınırlayan min.  $a_w$  değerlerini göstermektedir (Tunail, 2000).

Tablo 1.14 Kserofil funguslar, mikotoksinleri ve minimum  $a_w$  değerleri  
(Weidenbörner, 1999)

Minimum $a_w$ Değerleri			
Funguslar	Gelişme	Toksin oluşumu	Mikotoksinler
<i>A. clavatus</i>	0,85	0,99	patulin
<i>A. flavus</i>	0,78 – 0,84	0,83 – 0,87	aflatoksin B <sub>1</sub> , aspergilikasit, aspertoksin
<i>A. fumigatus</i>	0,82	–	fumagilin, gliotoksin
<i>A. parasiticus</i>	0,78 – 0,82	0,87	aflatoksin B <sub>1</sub>
<i>A. ochraceus</i>	0,76 – 0,83	0,83 – 0,87 0,80 – 0,88	okratoksin A penisilik asit
<i>A. versicolor</i>	0,74 – 0,78	–	sterigmatosistin
<i>E. nidulans</i>	0,78 – 0,82	–	sterigmatosistin
<i>E. spp.</i>	0,62 – 0,74	–	fisikon, ekinulin, ksantosilin
<i>P. aurantiogriseum</i>	0,79 – 0,85	0,97 – 0,99 0,87 – 0,90	penisilikasit okratoksin A, tremortin A ve B, siklopiazonikasit
<i>P. expansum</i>	0,82 – 0,85	0,99	patulin, sitrinin
<i>P. griseofulvum</i>	0,81 – 0,85	0,85 – 0,95	patulin
<i>P. islandicum</i>	0,83	–	izlanditoksin, sikloklorotin, luteosikrin
<i>P. patulum</i>	0,81 – 0,85	0,95	patulin
<i>P. puberulum</i>	0,81	–	penisilikasit
<i>P. verrucosum</i>	0,81 – 0,83	0,83 – 0,90	okratoksin A
<i>P. viridicatum</i>	0,80 – 0,81 0,83	– –	sitrinin, okratoksin A penisilikasit

(–) = veri yoktur.

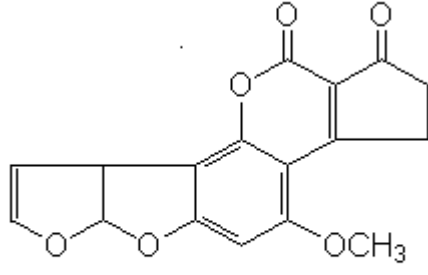
Aflatoksin oluşturan küflerin en yüksek düzeyde aflatoksin oluşturmaları pH 5,0 – 6,0'da gerçekleşir. pH 4,0'ün altındaki ortamlarda gelişip toksin oluşturabilirlerse de hem misel gelişimi epey yavaşlar hem de toksin miktarı iyice azalır. Toksin sentezlenmesine en uygun substratlar glikoz, galaktoz ve sakkarozdur. Maltoz ve laktoz ikinci derecede elverişli, sorbitol ve mannitol ise elverişsiz substratlardır. Düşük tuz konsantrasyonlarının (% 1 – 3 Sodyum Klorür) gelişimi ve toksin oluşumunu olumlu etkilediği, % 8 NaCl düzeyinin gelişmeye ve toksin oluşumuna fazlaca imkan vermediği % 14 NaCl konsantrasyonunda ise küf gelişiminin tamamen durduğu görülür. Aflatoksin oluşumu atmosferdeki O<sub>2</sub> konsantrasyonunun düşüşü veya CO<sub>2</sub> ve N<sub>2</sub> gazları konsantrasyonlarının modifiye atmosfer içinde artışı ile önemli düzeyde geriler (Tunail, 2000).

### **1.8.3.1 Aflatoksinlerin kimyasal yapısı**

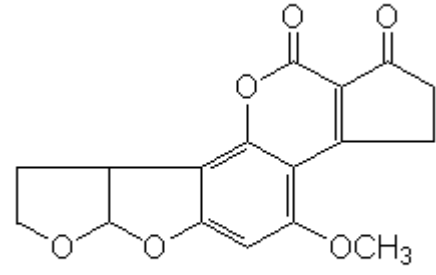
Üzerinde en çok çalışılmış mikotoksin grubu olan aflatoksinler 1960 yılında keşfedilmiş ve 1962 yılında da güçlü bir “hepatotoksik” ve “hepatokarsinojen” etkisi olduğu anlaşılmıştır (Pohland, 1993; Bullerman, 1979). Aflatoksinler, *A. flavus*'un bazı suşları, *A. parasiticus*'un ise hemen hemen bütün suşları tarafından üretilmektedir (Bullerman, 1979; Scott, 1978). Ancak 1987 yılında *A. flavus*'a fenotipik olarak benzeyen *A. nomius* (Betina, 1989) ve son olarak da *A. pseudotamarii* olarak isimlendirilen bir türün (Ito ve ark., 2001) de aflatoksin ürettikleri belirlenmiştir.

Aflatoksinler, “difurokumarosiklopentenon” ve “difurokumarolakton” gruplarında sınıflandırılmıştır (Betina, 1989). Aflatoksinlerin aflatoksin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> ve G<sub>2</sub> olmak üzere dört ana fraksiyonu bulunmaktadır. Bu isimlendirme ince tabaka kromatografisinde, uzun dalga boyu UV ışığı altında (362 nm) aflatoksin B<sub>1</sub> ve B<sub>2</sub> için 425 nm'de mavi, aflatoksin G<sub>1</sub> ve G<sub>2</sub>'nin ise 450 nm'de yeşil floresan vermesiyle ilişkilidir. B toksinleri kumarin yapıdaki lakton halkasına eklenmiş siklopentenon halkası, G toksinleri ise ek bir lakton halkası içermektedir. Aşağıdaki şekilde aflatoksinlerin kimyasal yapısı gösterilmiştir. Toksinlere verilen rakamlar ise toksisite derecesini gösterir. 1 numara ile simgelenenler yüksek toksisiteyi, 2 numara ile gösterilenler daha düşük toksisiteyi ifade ederler. Kodlarında 2 numara içerenler bazı hayvanlara karşı etkili bulunmamıştır (Bullerman, 1979; Groopman ve Kensler, 1988).

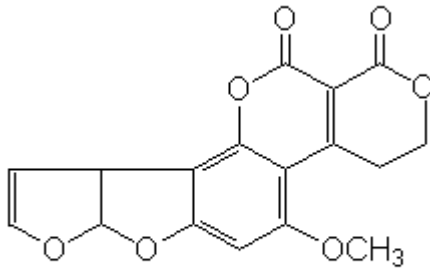




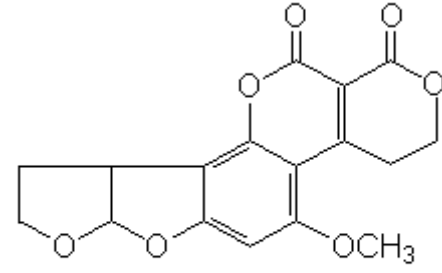
Aflatoxin B<sub>1</sub>



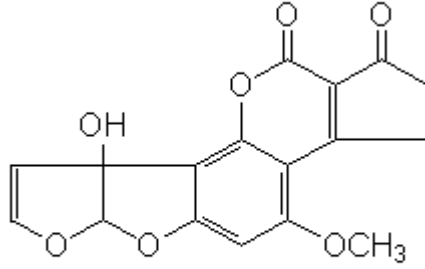
Aflatoxin B<sub>2</sub>



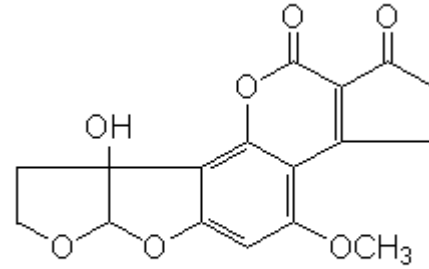
Aflatoxin G<sub>1</sub>



Aflatoxin G<sub>2</sub>



Aflatoxin M<sub>1</sub>



Aflatoxin M<sub>2</sub>

Şekil 1.7 Aflatoksinlerin kimyasal yapısı (Betina, 1989).

Aflatoksin üreten her iki tür de 2,1 ile 11,2'lik pH değerleri arasında gelişebilirken en çok pH 6,0 civarında gelişirler. Fungusların gelişimi için en uygun su aktivitesi 0,99 civarı olmakla birlikte minimum 0,80 – 0,83 değerleri arasında da gelişim gösterebilirler. *A. flavus*'un gelişmesi için gerekli minimum su aktivite değeri 0,82 olarak bildirilmiştir (Anon., 2000). Aşağıdaki tabloda aflatoksinlerin kimyasal ve fiziksel özellikleri görülmektedir.

Tablo 1.15 Aflatoksinlerin kimyasal ve fiziksel özellikleri (Bullerman, 1979).

Aflatoksin	Molekül Formülü	Molekül Ağırlığı	Erime Noktası (°C)	360 nm'de UV Absorpsiyonu	Floresans Emisyonu (nm)
B <sub>1</sub>	C <sub>17</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	312.06339	268 – 269	21800	425
B <sub>2</sub>	C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	314.07904	286 – 289	24000	425
G <sub>1</sub>	C <sub>17</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>	328.05830	244 – 246	17700	450
G <sub>2</sub>	C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>7</sub>	330.07395	237 – 240	17100	450
M <sub>1</sub>	C <sub>17</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>	328.05830	299	21250	425
M <sub>2</sub>	C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>7</sub>	330.07395	293	22900	425

Dört aflatoksin çeşidi içinde gıda maddelerinde en sık görüleni ve en yüksek konsantrasyonlarda bulunanı aflatoksin B<sub>1</sub>'dir. Bunu aflatoksin G<sub>1</sub> izler. Aflatoksin B<sub>2</sub> ve G<sub>2</sub> genellikle düşük konsantrasyonlarda görülmektedir (Armstrong ve ark., 1979).

Ürünlerdeki biyolojik aktiviteden aflatoksin B<sub>1</sub> ve daha az olarak da aflatoksin G<sub>1</sub> sorumludur. Bu durum, her iki toksinin terminal furan halkasınının 8, 9 karbon pozisyonunda bir doymamış bağa sahip olmasıyla ilişkilendirilmektedir (Özkaya ve Temiz, 2003).

Aflatoksinler, kuvvetli alkalide hemen bozular ve sulu çözeltilerde fazla saklanamazlar. Ayrıca, ışığa da aşırı duyarlı olduklarından, kısa süreli ışıklandırmada bile yapısal değişime uğrarlar. Aflatoksinler renksiz veya sarı, iğne şeklinde kristallerdir.

Aflatoksinler; kloroform, metanol, etanol ve dimetilsulfoksit gibi polar organik solventler içerisinde kolayca çözünürler. Petrol eterinde ve doymuş hidrokarbürlerde hiç çözünmezler. Kloroform veya benzen içindeki çözeltileri yıllarca dayanıklıdır (Erdem ve Özen, 1990). Sudaki çözünürlükleri azdır (10 – 30 µg/ml) (Özkaya ve Temiz, 2003).

Saf aflatoksinler yüksek sıcaklıkta çok stabildir. Normal pişirme ve pastörizasyon için ısıtma aflatoksine zarar vermez. Besin hazırlama işlemleri ile aflatoksinlerin uzaklaştırılabilmeleri pratik olarak mümkün görülmemektedir. Kloroform ve benzendeki çözeltileri eğer karanlıkta saklanırsa yıllarca dayanabilir. Yüksek derecede polar çözücülerde iyonlaştığında, ışıkta ve özellikle UV radyasyonuna maruz kaldığında dayanıksızdırlar. (Anon., 1979; Atak, 1998).

Aflatoksinler 250°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda bozulurlar. Isı uygulaması ile üründe aflatoksinin inaktivasyonu ürünün nem içeriği ile ilişkilidir. Örneğin %30 nem içeren pamuk tohumu yeminde 2 saat 100°C'lik ısı uygulaması ile aflatoksinde %85'lik azalma meydana gelmektedir. Yem %6,6 nem içerdiğinde aynı koşullarda %50 oranında aflatoksin azaltılabilmektedir (Magan ve Olsen, 2004).

Amonyak (NH<sub>4</sub>OH) – ısı işlemi ve yüksek basınç beraber kullanıldığında aflatoksinin inaktif olduğu belirtilmektedir. Bu reaksiyon sonucu lakton halkası açılmakta ve aflatoksin molekülü inaktif olmaktadır. Bunun yanında monometilamin, NaOH, NaOCl ve hidrojen peroksit te aflatoksinin yapısını bozan bileşiklerdir. Etanol fermentasyonu ise aflatoksinin azaltılmasına çok az etki göstermiştir (Helferich ve Winter, 2000; Park ve ark., 2000).

### **1.8.3.2 Aflatoksinlerin canlıların sağlığı üzerine etkileri**

Aflatoksinler, mikotoksinler içinde en toksijenik metabolitler olarak kabul edilmekte ve insan ve hayvan sağlığı açısından birçok risk taşımaktadır (IARC, 1993).

Vücuda alınan aflatoksinin neden olduğu akut, subakut ve kronik olarak seyreden mikotoksikozise “aflatoksikozis” denir. Aflatoksin türevleri arasında en yüksek toksisite aflatoksin B<sub>1</sub> ve aflatoksin B<sub>3</sub> (parasitikol)'e aittir, aflatoksin G<sub>2</sub> ve aflatoksin M<sub>2</sub> ise en düşük toksisiteyi gösterir. Tarımsal ürünlerde, gıdalarda ve yemlerde en sıklıkla görülen aflatoksinlerin toksisite sıralaması; AFB<sub>1</sub>>AFM<sub>1</sub>=AFG<sub>1</sub>>AFB<sub>2</sub>>AFG<sub>2</sub>>AFM<sub>2</sub> şeklindedir (Tunail, 2000).

Canlılarda, alınan aflatoksin miktarına bağlı olarak 6 farklı şekilde etki görülebilir:

I. Akut toksik etki: Yüksek dozda alındıklarında akut toksik etki oluşur ve gıdanın tüketilmesinin ardından kısa sürede ölümle sonuçlanan etki görülebilir. Ayrıca; iştahsızlık, solunum güçlüğü, burun akıntısı, durgunluk, kansızlık, öksürük, çarpınmalar, bitkinlik, akut karaciğer hasarı, kapiller damar dayanıklılığının azalması sonucu doku ve organlarda kanama ve hızlı ölümle (birkaç saat – birkaç gün içinde) seyreder. Ölüm oranı %15 – 25 arasında değişir ama ciddi durumlarda %100'e kadar çıkabilir (Kaya ve Şanlı, 1991). Akut toksik etkiye bireyin duyarlılığı, genetik ve fizyolojik özellikleri ve çevresel faktörler etkendir (Bullerman, 1979).

II. Subakut etki: Bir kısmı subakut etkiler gösterir. Subakut olaylarda sarılık, hematom, kanamalı barsak yangısı, trombosit sayısında azalma ve bu belirtilerin

şiddeti azalmış şekilde görülmesi dikkat çeker (Kaya ve Şanlı, 1991). Akut ve subakut olaylarda etkilenen hedef organ özellikle karaciğerdir.

III. Kronik etki: Daha az dozların uzun süre alınmaları sonucunda kronik hastalıklar görülür. Bunlar; özellikle karaciğer, böbrek gibi organlarda hastalıklar, dejenerasyonlar, bağışıklık sisteminde bozukluklar, kusurlu ve eksik organ oluşumları, deri nekrozları, üremede azalma ve kilo kaybı gibi bozukluklardır (Kaya ve Şanlı, 1991).

IV. Bağışıklık sisteminin baskılanması: Aflatoksinler hem doğal (makrofajlar ve komplement aracılı) ve hem de kazanılmış direncin (hücresel ve humoral) baskı altına alınmasına yol açar. Karaciğere ek olarak, timus da aflatoksinlere hedef organlardan biridir. Aflatoksinler, komplement (C4), interferon, IgG ve IgA'nın oluşumunu, akyuvarların göçünü, lenfoblastların gelişmesini ve fagositlerin etkinliğini baskı altına alırlar. Bu etkileri ile vücuttan mikroorganizmaların atılması engellenirken, diğer yandan da antijenlerin bağışıklık sistemine sunulması baskı altına alınır (Kaya ve Şanlı, 1991).

V. Biyokimyasal etkiler: Aflatoksinlerle zehirlenmede, klinik belirtiler ortaya çıkmadan çok önce, gıdadaki toksin düzeyine ve maruz kalma süresine göre, hücre ve dokulardaki hasarla ilgili birçok biyokimyasal değişiklik şekillenir. Serum alkali fosfataz, aldolaz, laktik dehidrogenaz, ornitin karbamil transferaz, ALT (alanin aminotransferaz veya SGPT), AST (aspartat aminotransferaz veya SGOT) ve izositrik dehidrogenaz etkinliği ve bilirubin düzeyi artarken, serum protein, protein kaynaklı olmayan azot, üre ve Hb miktarı azalır ve pıhtılaşma proteinlerinin miktarı önemli ölçüde düşer (Kaya ve Şanlı, 1991).

VI. Karsinojenik etki: Aflatoksinler bilinen en güçlü karaciğer karsinojenidirler. Çok sayıda canlıda kanser oluşumuna yol açarlar. Bu özelliklerine bakılarak, aflatoksinlerin insanlarda karaciğer kanserine neden olmak bakımından etken olabileceği konusu geniş epidemiyolojik incelemelere ve önemli tartışmalara neden olmuştur. Hayvanlara benzere biyolojik sistemlere sahip olan insanların da, duyarlı hayvanlara benzer şekilde cevap verebilecekleri dikkate alınır, aflatoksinlerle kontamine olan, özellikle yağlı tane besinlerini sürekli biçimde yemeye maruz toplumlarda birincil karaciğer kanseri ile aflatoksinler arasında sıkı bir ilişki bulunması kaçınılmazdır (Eaton ve Groopman, 1994). Asya ve Afrika'nın çeşitli

ülkelerinde yapılan çalışmalarda, karaciğer kanserine yakalanma sıklığı ile aflatoksinle kontamine olmuş gıdaların tüketim düzeyi arasında kuvvetli bir ilişki gözlenmiştir (Öztürk, 1995).

Mikotoksinlerin vücutta etkili oldukları organ ve dokulara göre veya etki mekanizmalarına bağlı olarak çeşitli etkilerinden söz edilir. Karaciğere etki edenler “hepatotoksik”, deriye etkili olanlar “dermatoksik”, böbreklerde toksik etki yapanlar “nefrotoksik”, sinir sistemine etki edenler “nörotoksik”, bağışıklık sistemini etkileyenler “immunotoksik” olarak tanımlanırlar. Toksik etkilerinden başka; mutajenik, karsinojenik, teratojenik (ana rahmindeki fetüsün zarara uğramasına neden olan), halusinojenik, östrojenik ve tremorjen (titreme) etkileri de görülebilir (Eaton ve Groopman, 1994).

Bugün dünyada hemen hemen bütün ülkeler, bu tehlikeden korunmak ve ihraç ettikleri ürünlerin geri dönüşünü azaltmak için gıda ve yemlerde bulunabilecek aflatoksin düzeyleri için limitler belirlemektedir. Ülkemizde de, Türk Gıda Kodeksi’nde (Resmi Gazete, 1997) gıdalar, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı’nın Tebliği’nde (Resmi Gazete, 1991) ise yemler için aflatoksin limitleri belirlenmiştir. Aşağıdaki tabloda ürünlerdeki limitler gösterilmiştir.

Tablo 1.16 Türk Gıda Kodeksi’ne göre gıdalar ve yemlerde aflatoksin limitleri (ppb).

<b>Gıda ve Yem Türü</b>	<b>Aflatoksin B<sub>1</sub></b>	<b>Toplam Aflatoksin (B<sub>1</sub>+B<sub>2</sub>+G<sub>1</sub>+G<sub>2</sub>)</b>	<b>Aflatoksin M<sub>1</sub></b>
<b>Gıdalar</b>			
Fındık, yerfıstığı ve diğer yağlı kuru meyveler, yağlı tohumlar, incir, üzüm ve diğer kurutulmuş meyveler ve bunlardan üretilen işlenmiş gıdalar	5,0	10,0	-

Tablo 1.16 (Devam) Türk Gıda Kodeksi'ne göre gıdalar ve yemlerde aflatoksin limitleri (ppb).

Baharat	5,0	10,0	-
Tahıllar ve tahıl ürünleri	2,0	4,0	-
Peynir	-	-	0,25
Süt	-	-	0,05
Süt tozu	-	-	0,5
Bebek mamaları ve devam formülleri (süt bazlı)	-	-	0,05
Bebek mamaları ve bebek gıdaları	1	2	-
Diğer gıda maddeleri	5	10	-
<b>Yemler</b>			
Yem hammaddeleri	50	-	-
Geviş getiren hayvanların karma yemleri (kuzu-buzağı yemleri hariç)	50	-	-
Kümes kanatlıları karma yemleri (gençlerin yemleri hariç)	20	-	-
Diğer karma yemler	10	-	-

### 1.8.3.3 Aflatoksin analiz metotları

Aflatoksinin incirde ilk tespit edildiği 1960'lı yıllardan bu yana çeşitli tayin metotları üzerinde çalışılmış ve geliştirilmiştir. Bu metotlardan bazıları: İnce Tabaka Kromatografisi (TLC – Thin Layer Chromatography) , Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi (HPLC – High Pressured Liquid Chromatography), Florimetri, ELISA (Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay) ve RIA (Radio Immuno Assay)' dir.

Bu yöntemlerden aflatoksin tayini için en çok kullanılanları TLC ve HPLC' dir. TLC, HPLC ye göre daha ucuz ve daha basittir. Ancak çok küçük miktarlarda güvenilir

olmaması (2 ppb'nin altında), kullanılan kimyasalların ekolojik dengeye zararlı olması ve HPLC'ye göre analizin uzun zamanda yapılması dezavantajlarıdır.

HPLC ise, ekipman açısından çok pahalı bir metot olmasına rağmen, analizi kısa sürede gerçekleştirmesi, hata payının TLC'ye göre daha düşük olması ve dedeksiyon limitinin TLC'ye göre daha hassas olması açısından tercih edilen bir yöntemdir.

ELISA ve RIA, immunokimyasal yöntemlerdir. ELISA, antikor moleküllerini bağlamak için test çözeltisindeki işaretlenmemiş aflatoksin ile tayin için kullanılan işaretlenmiş aflatoksinler arasındaki yarışa dayanır. ELISA yöntemi, diğer yöntemlere göre daha basit, hızlı ve kolaydır.

RIA da, aynı ELISA gibi uygulanır. Ancak işaretleme işleminde radyoaktif bir izotop kullanılır. Genellikle kullanılan izotop  $^{125}\text{I}$ 'dir. RIA yönteminin en büyük problemi, işlem sonunda açığa çıkan atıkların radyoaktif özellikte olmasıdır. Bu yüzden pek tercih edilmez.

Aflatoksinlerin tespiti için kullanılan yöntemler sırasıyla incelenecek olursa:

#### I. BGYF (Bright Greenish-Yellow Florescence) Metodu:

BGYF metodu, uzun-dalga ultraviyole ışık altında (365 nm) kojik asitin varlığı gözlenerek yapılan bir testtir. Çünkü kojik asit ( $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_4$ ), *A. flavus* ya da *A. parasiticus* tarafından üretilir.

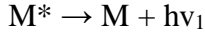
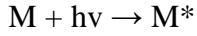
Bu metodu ilk Steiner ve ark. 1988 yılında uygulamışlardır. İncirde karşılaşılan aflatoksin problemine çözüm aramak amacıyla yapılan bir çalışmada, kuru incirlerde aflatoksin kirliliği ile BGY (parlak yeşilimsi, sarı) floresans gösterme özelliği arasındaki ilişki incelenmiştir (Steiner ve ark., 1988).

BGYF metodunda önce numune UV 365 nm uzun dalga boylu ışık altında incelenir ve yeşilimsi sarı renk verenler belirlenir. Daha sonra numune, ağırlığının 0,6 misli su ile havanda ezilir ve ekstraksiyon için metanol, asetonitril gibi uygun çözümlerle blendırda 3 dakika karıştırılır. Ölçüm aşamasında da, UV spektrofotometresi ya da spektrofluorimetre cihazları kullanılır.

#### II. Florimetrik Metot:

Floresans metodunda, maddenin çözeltisine ışın enerjisi gönderilerek madde uyarılır. Uyarılan maddenin aldığı enerjiyi geri vererek ilk haline dönmesi esnasındaki davranışları incelenir. Madde üzerine gönderilen ışınlar, ultraviyole, görünür alan

nadiren de infrared olabilir. Bu ışınlar madde tarafından önce çok kısa bir süre absorblanır ve ondan sonra floresans ışınları olarak etrafa yayılır.



Floresans yayan maddelerin ışın yayma ömrü genel olarak 10,5 – 10,8 saniyedir. Floresans ışınları sadece madde üzerine ışın gönderildiği sürece görülür. Işın gönderme durduğu anda durur. Genellikle madde üzerine UV ışınları gönderilir, bu nedenle floresans ışınlarının dalga boyları 380 – 720 nm arasında değişir. Çünkü daha küçük dalga boylu ışınlar molekülde bozunma ve hatta parçalanmalara neden olurlar.

Floresans metodu çok hassastır. Milyarda bir gibi çok düşük konsantrasyonlara uygulanabilir (Gündüz, 2002).

Floresans ölçme cihazlarının kısımları UV ve görünür bölge cihazlarınıninkilere benzer. Bu tip cihazlarda güç kaynağındaki dalgalanmaları önlemek için çift ışın yollu spektroflorimetreler kullanılır.

Spektroflorimetre cihazı kullanılarak yapılan çok çeşitli analiz yöntemleri bulunmaktadır. USDA – FGİS'e (ABD Tarım Bakanlığı-Tahıl İnceleme Servisi) ait metoda göre, mısır ve glüten ununda aflatoksin tayini, 4 aşamada gerçekleşir (Vicam, 1999).

- Ekstraksiyon
- Süzme
- İmunoaffinité Kolon ile Ayırma
- Ölçüm

### III. İnce Tabaka Kromatografisi

İnce tabaka kromatografisi, bir plaka üzerine kaplanmış durgun faz boyunca, numuneyi içeren mobil fazın, kapiler hareket ettiği kromatografik bir metottur.

TLC, ilaçların ayrılmasında ve tanımlanmasında yaygın olarak kullanılan tekniklerden birisidir. Bu yöntem, araştırma maliyeti açısından kolon sıvı kromatografisi ile ayırmalara göre daha düşük maliyetli ve uygulaması daha kolay ve hızlı olduğundan birçok farklı dalda kullanılmaktadır. İlaç sanayisinde ürün saflığının belirlenmesinde, klinik laboratuvarlarda, biyokimyasal ve biyolojik



çalışmalarda, endüstriyel laboratuvarlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yaygın uygulamanın bir sonucu olarak TLC ile en az HPLC'deki kadar çok sayıda analiz yapıldığı hesaplanmıştır.

TLC metodu kullanılarak yapılan aflatoksin analizi, AOAC'nin 970.45 sayılı metoduna göre, 5 aşamada gerçekleştirilir (AOAC, 2000).

- Numune hazırlama
- Ekstraksiyon
- Plakaya Uygulama
- Yürütme
- Ölçüm

#### IV. Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi (HPLC)

HPLC cihazı kullanılarak yapılan aflatoksin analizi, AOAC'nin 999.07 sayılı metoduna göre, 5 aşamada gerçekleştirilir (AOAC, 2000).

- Ekstraksiyon
- Süzme
- İmunoaffinit Kolon ile Ayırma
- Enjeksiyon
- Ölçüm

#### V. İmmunokimyasal Yöntemler

Aflatoksin tayininde kullanılan iki çeşit immunokimyasal yöntem vardır.

##### a. ELISA (Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay)

ELISA 1971'de geliştirilmiştir. Antikor moleküllerini bağlamak için test çözeltisindeki işaretlenmemiş aflatoksin ile tayin için kullanılan işaretlenmiş aflatoksinler arasındaki yarışa dayanır.

Bu teknik iki basamaktan oluşur:

- \* Antikor ve toksin arasındaki reaksiyon
- \* Enzim bağlı toksin ile birlikte sübstrat reaksiyonunun ölçümü

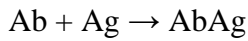
ELISA metodunda, ilk önce katı faza ilk antikor adsorbe edilir. Sonra antijen içeren numune ortama katılır ve antikora bağlanması için inkübe edilir. Enzim bağlı ikinci

antikor ortama eklenir ve bağlanması beklenir. Daha sonra enzime uygun substrat eklenir ve enzim aktivitesi ölçülür.

#### b. RIA (Radio Immuno Assay)

RIA ilk olarak 1959'da insülin için geliştirilmiştir. RIA'nın geliştirilmesindeki amaç, hormonlar gibi ölçülmesi kolay olmayan biyolojik maddelerin, miktarlarını tayin edebilmektir.

Yöntem temelde bir antikor (Ab) ile bir antijenin (Ag) antikor – antijen kompleksi (AbAg) oluşturmak üzere reaksiyona girmesine dayanır.



Antikor veya antijen radyoaktif olarak etiketlenir. En sık kullanılan izotop  $^{125}I$  dir. Tercih edilme nedeni, proteinlere, molekülün yapısal ve kimyasal özelliklerinde değişiklik yapmadan katılabilmesidir. Ayrıca oldukça uzun yarı-ömüre sahip olması (60 gün) ve nispeten zayıf  $\gamma$  yayıcısı olması da diğer tercih nedenleridir.

Etiketlenen, antijen ise, sınırlı miktardaki antikora karşı etiketli ve etiketsiz antijenler kompleks oluşturmak üzere yarışır. İşlem bittikten sonra serbest antijenden, antijen – antikor kompleksi yapmış olanlar ayrılır ve iki gruptan bir tanesinin radyoaktivitesi ölçülerek antijen miktarı tespit edilir. Sonuç daha önceden hazırlanmış bir standart grafiği ile belirlenir.

### 1.9 Kuru İncirde Aflatoksin Oluşumunun Önlenmesi

Aflatoksinler, kimyasal olarak stabil bileşiklerdir. Bu nedenle tümüyle yok edilmeleri imkansızdır. Kimyasal reaksiyonlarla parçalayıcı bileşikler kullanılarak yok edilebilirler ancak bu kimyasallar gıda ürünlerinde kullanılamazlar. Böylece incirde aflatoksin kontaminasyonundan kurtulmak için iki esas yol kalmaktadır. Bunlar:

a. Tarlada ve depoda küf gelişimini önlemek

b. Aflatoksinle bulaşık ürünleri temizlerden ayırmak (Anon., 1986).

Aflatoksin oluşumunun önlenmesinde öncelikle hammaddenin tarlada gelişimi, hasatı, depolanması, nakliyesi, ürüne işlenmesi ve ürün elde edilmesi aşamalarındaki küf kontaminasyonunun engellenmesi veya en aza indirilmesi önem taşımaktadır. Mikrobiyal kontaminasyonu tarlada kontrol altında tutmak çok güçtür. Ancak,

mikrobiyal kontaminasyon ürünün hasatı ve onu izleyen aşamalarda alınacak hijyen ve sanitasyon önlemleri ve bilinçli uygulamalarla büyük ölçüde engellenebilir.

Özellikle incirlerin burukluk döneminden sonra yere düşmesi aşamasında toprakta kaldığı süre ne kadar az olursa, incirlerin mikotoksinlerle kontamine olma riski o kadar az olacaktır. Çünkü incirlerin mikotoksinlerle en çok kontamine olduğu dönem kuruma safhasında yerde kaldığı dönemdir.

Aflatoksin oluşumunun önlenmesinde ikinci ve daha da önemli adım ise hammadde, ara ürünler ve son ürüne çeşitli şekillerde bulaşan küf/küflerin gelişiminin önlenmesidir. Bu da üretimde iyi bir teknoloji kullanma ve bilinçli uygulamalarla mümkün olabilir. Ancak küflerin gelişme isteklerinin az olması ve buna bağlı olarak da hemen hemen her yerde ve her koşulda üremeleri nedeniyle, mikotoksin oluşumunun önlenmesinde büyük güçlükler yaşanmakta ve çoğu kez başarısız kalılabilmektedir. Aflatoksin kontaminasyonunun önlenemediği durumlarda üründen aflatoksinin uzaklaştırılması ve detoksifikasyonu amacıyla çok sayıda araştırma yapılmakta ve fiziksel, kimyasal ve biyolojik birçok yöntem denenmektedir (Goldblatt ve Dollear, 1997; Tunail, 2000).

Fiziksel ayırma yöntemleri arasında, elle veya elektronik yollarla ayıklamadan aflatoksin düzeylerini azaltmak için yaygın olarak yararlanılmaktadır. Rengi değişmiş, bozulmuş, şekli bozuk taneleri ayıklayarak aflatoksini azaltma yönünde en iyi sonuçlar yer fıstığı sektöründe alınmıştır. Mısır veya pamuk tohumu gibi ürünlerde ise bu yöntemi uygulamada güçlüklerle karşılaşıldığından sıklıkla kullanılmamaktadır. Ürünler bir küf bozulması göstermediği halde mikotoksinleri önemli düzeylerde içerebilmektedir. Bu nedenle ayıklama ile son üründe başlangıçtakinden düşük aflatoksin düzeylerine ulaşılsa bile, çoğu kez kontaminasyonun tamamı giderilememektedir (Park, 1993). Küflerin geliştiği danelerin yoğunluğunun, sağlam danelere göre daha az olmasından yararlanılarak aflatoksinin azaltılmasıyla ilgili çalışmalar da yapılmıştır (Huff ve Hagler, 1982). Fiziksel dekontaminasyon yöntemleri arasında, iyonize ve iyonize olmayan ışınların, solvent ekstraksiyonlarının, adsorpsiyon ve mikrodalga ile ısıl işlemin aflatoksin üzerine etkileri de incelenmektedir (Goldblatt ve Dollear, 1977; Rustom, 1997).

Gıda katkıları ve kimyasal adsorbanlar da, potansiyel dekontaminasyon yöntemleri olarak dikkate alınmaktadır. Yapılan bir araştırmada (Tabata ve ark., 1994), çok

sayıda gıda katkı maddesini bu yönden incelemiş ve bazılarının gıda maddesine eklenen aflatoksin düzeyini azalttığını gözlemiştir. Diğer taraftan, patulin ve okratoksin A'nın aktif karbonla giderilmesinde başarılı sonuçlar alınmıştır (Mutlu ve Gökmen, 1998; Galvano ve ark., 1998). Sindirilmeyen bazı adsorban maddeler ise ticari olarak yemlerde kullanılmaktadır (Bata ve Lásztity, 1999). Fiziksel ve kimyasal detoksifikasyon yöntemlerinin birlikte kullanıldığı çalışmalar da yapılmaktadır (Altuğ ve ark., 1990; İçibal ve Altuğ, 1992). Kimyasal kontaminasyon işlemleri içerisinde amonyaklama işlemi bazı ülkelerde yasal olarak kabul görmüştür ve bu ülkelerde yem hammaddelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Park, 1993; Bata ve Lásztity, 1999).

Aflatoksinin üründen uzaklaştırılması ile ilgili olarak araştırılan farklı yöntemler, belirli derecelerde başarılı bulunmalarına karşın; yeterli detoksifikasyon düzeylerini sağlayamamaları, besin öğelerinde kayıplara neden olmaları ve yüksek maliyet gerektirmeleri gibi önemli dezavantajlara sahiptir. Bu alanda çalışan birçok araştırmacı; dekontaminasyon için en iyi çözümün, biyolojik detoksifikasyon olacağı, bunun tehlikeli kimyasalların kullanılmasını önleyeceği ve gıda/yemlerde besin değerleri ve yenilebilirlik özelliklerinde önemli kayıplara neden olmayacağı konusunda birleşmektedir (Bata ve Lásztity, 1999).

Biyolojik yöntemlerden üzerinde en çok çalışılanlardan biri, mikotoksinin fermantasyon yoluyla giderilmesidir. İki farklı çalışmada, zearalenon ve fumonisine kontamine olmuş mısırlardan etanol eldesi sırasında toksin miktarındaki değişim izlenmiş; her ikisinde de üretilen etanolde toksin bulunmazken, toksinin diğer fraksiyonlarda kaldığı belirlenmiştir (Bennett ve ark., 1981; Bothast ve ark., 1992).

Alkol fermantasyonunun trikotesenler üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada da, trikotesenlerin kendi türevleri olan maddelere dönüştüğü görülmüştür (Bata ve Lásztity, 1999). Bir çalışmada, deoksinivalenol (DON, vomitoksin) ve fumonisin etanol fermantasyonunda stabil olduğu; bir başka çalışmada da bira üretiminde alkol fermantasyonu sırasında, üç *Saccharomyces cerevisiae* suşunun malttaki okratoksin A, fumonisin B<sub>1</sub> ve B<sub>2</sub>'yi azalttığı görülmüştür (Bennett ve Richard, 1996).

Ayrıca, üzüm suyunun alkol fermantasyonu sırasında da trikotesenlerin degrade olduğu rapor edilmiştir. Mikroorganizmaların çeşitli mikotoksinler üzerine etkisini inceleyen bir çok çalışma yapılmış; okratoksin A'nın rumenden izole edilen 3 bakteri

tarafından, diasetoksisirpenol (DAS) ve bir türevinin topraktan izole edilen bir mikrobiyal karışımla, zearalenonun çeşitli maya kültürleri tarafından degrade edildiği görülmüştür (Sweeney ve Dobson, 1998). Son yıllarda, laktik asit bakterileriyle aflatoksinin uzaklaştırılması ile ilgili olarak yapılan çalışmalardan da olumlu sonuç alındığı bildirilmektedir (Gourama ve Bullerman, 1995; Oatley ve ark., 2000).

Denenen çok çeşitli, özellikle de kimyasal yöntemlerle, istenilen sonuçlara ulaşılamaması fiziksel yöntemlerden seleksiyona ağırlık verilmesine neden olmuştur. İşlevsel ve kolay uygulanabilir olan bu yöntem ne yazık ki sadece bazı tarım ürünleri için uygundur. Tanelere bulaşan küfler burada gelişerek renk değişimine neden olduklarından bunların elle seleksiyonu olanaklıdır. Özellikle UV lambaları altında floresans veren antep fıstığı, fındık ve incirlerin otomatik aletlerde ayrımı ile üründeki aflatoksin içeriği %50'ye varan oranlarda azaltılabilmektedir.

## **2. MATERYAL VE METOD**

### **2.1 Materyal**

#### **2.1.1 Numune temini**

Araştırma materyalini Aydın ilinde satılan toplam 20 kuru incir örneği oluşturmuştur. Çalışma için incirler iki gruba ayrılmıştır. İlk grupta yer alan endüstriyel işlenen kuru incirler Aydın ilinde faaliyet gösteren incir işletmelerinin yoğunlukta olduğu Nazilli, İncirliova ve Germencik ilçelerindeki 10 farklı incir işletmesinden temin edilmiştir. İkinci grupta yer alan geleneksel işlenen kuru incirler ise Aydın ili Büyük Menderes havzasında yer alan Merkez İlçe, Nazilli, İncirliova ve Germencik ilçelerindeki 10 farklı köyden temin edilmiştir. Her grupta yer alan her bir örnekten ikişer kilogram alınmıştır. Örnekler hem endüstriyel işlenen grupta, hem de geleneksel işlenen grupta paketlenmiş ve satışa hazır olan incir numuneleri arasından seçilmiştir. Örnekler, tesadüfi örnekleme yöntemine göre alınmıştır. Bu yöntemde uygun örneklem büyüklüğü belirlendikten sonra basit tesadüfi örnek seçim yöntemi ile örnekler seçilir. Seçim sonrası oluşan örneklem istatistikleri hesaplanarak kitle parametreleri için kestirimler yapılır. Bu yöntem; elde edilmesi istenen bilgide farklılık oluşturacak herhangi bir faktörün olmadığı, kitledeki numunelere ulaşmanın olanaklı olduğu durumlarda geçerlidir.

#### **2.1.2 Fiziksel ve kimyasal analizler**

İncir numunelerine uygulanan fiziksel ve kimyasal analizler, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarları'nda, aflatoksin analizleri ise Aydın Ticaret Borsası Özel Gıda Laboratuvarı'nda yapılmıştır. İncir numunelerinde yapılan fiziksel, kimyasal ve kromatografik analizler için kullanılan araç, gereç ve kimyasallar aşağıda sıralanmıştır.

#### **Araç ve Gereçler**

- pH metre
- Kül fırını
- Buzdolabı
- Blendir
- Alüminyum kurutma kabı

- Kroze
- Hassas terazi
- Etüv
- Vorteks
- Hunter renk tayin cihazı
- $a_w$  cihazı
- HPLC Cihazı
- Dedektör (Floresans dedektör)
- Kolon
- İmmunoafinite Kolon

### **Kimyasallar**

- Aflatoksin standartları
- Sodyum Klorür (NaCl)
- Saf su (HPLC için uygun)
- Fosfat tamponlu solüsyon (PBS – Phospate buffer solution)
- Asetonitril (HPLC için uygun saflıkta)
- Metanol (HPLC için uygun saflıkta)
- Metanol
- Benzen
- Hekzan
- Potasyum Bromür
- Nitrik Asit

## **2.2 Metod**

### **2.2.1 Laboratuvar analizleri**

Laboratuvar analizleri Aydın piyasasından elde edilen satışa hazır paketlenmiş kuru incirler ile yapılmıştır. Endüstriyel işlenen kuru incirler Grup 1 olarak kodlanmış ve bu grupta yer alan her örnek 1-10 arasında numaralandırılmıştır. Geleneksel işlenen kuru incirler ise Grup 2 olarak kodlanmış ve bu grupta yer alan her örnek 11-20 arasında numaralandırılmıştır.

## 2.2.2 Fizikokimyasal analiz yöntemleri

Her tekerrürde tesadüfi olarak alınan 100 g kuru incir homojenizatörde parçalanmıştır. Homojen haldeki bu örneklerin pH, renk, su aktivitesi ( $a_w$ ), rutubet ve kül analizleri iki paralel olarak yapılmıştır.

### • Nem miktarı tayini

Yaklaşık 10 g örnek, daha önce 105°C'de kurutulmuş ve darası alınmış kaplarda tartılmıştır. Tartım işleminden sonra 105°C'deki etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Rutubet miktarı ağırlık kaybından % olarak hesap edilmiştir (Anon., 1990).

### •Su aktivitesi ( $a_w$ ) miktarı tayini

Örneklerin su aktivitesi ( $a_w$ ) analizi su aktivitesi ölçüm cihazı kullanılarak yapılmıştır. Her ölçümde, ölçüm kabını dolduracak kadar eklenen numunelerin  $a_w$  değerleri, cihazda tek tek okutulmak suretiyle saptanmıştır (Anon., 1990).

### •Kül miktarı tayini

Her numuneden yaklaşık 3 g örnek daha önce 105°C'de kurutulup, soğutulan ve darası alınan kül krozesine tartılmıştır. Krozelerin ısısı kademeli olarak 550°C'ye çıkarılmış ve numuneler tamamen yanıcaya kadar (kül tamamen beyaz renge dönünceye kadar) beklenmiştir. Numunelerin tamamen yanması için geçen süre 10 – 12 saat arasında değişmiştir. Kül miktarı % olarak hesaplanmıştır (Anon., 1990).

### •pH tayini

10 g örnek tartılıp, üzerine 100 ml destile su eklendikten sonra homojenizatörde 1 dakika boyunca homojenize edilmiştir. Uygun tampon çözeltileri ile kalibre edilmiş pH metrede, homojen haldeki örneğin pH'sı okunmuştur (Anon., 1990).

### •Hunter renk değerlerinin tayini

Tüm örneklerin renkleri Hunter renk skalasına göre çalışan renk tayin cihazı kullanılarak analiz edilmiş ve Hunter L\*, a\* ve b\* renk değerleri saptanmıştır. Hunter renk sistemine göre; a\* değeri (+) (0-100) ise kırmızı, (-) (0-80) ise yeşil; b\* değeri (+) (0-70) ise sarı, (-) (0-80) ise mavi olarak ifade edilmektedir.. L\* değeri ise siyah (0), gri (50) ve beyaz (100) olarak ifade edilmektedir (Anon., 1990).



### 2.2.3 Aflatoksin analiz yöntemleri

İki grup incir için de aflatoksin analizinde; incirlerin toplam aflatoksin ve aflatoksin B<sub>1</sub> değerlerine bakılmıştır.

Aflatoksin analizi AOAC 'nin 999.07 nolu metodu kullanılarak HPLC ile yapılmıştır (AOAC, 2000b).

Analiz için; her tekerrürde tesadüfi olarak alınan yaklaşık 500 g kuru incir homojenizatörde parçalanmıştır. Homojen haldeki bu örneklerin aflatoksin analizleri HPLC cihazı ile iki paralel olarak aşağıdaki metoda göre yapılmıştır.

#### •Örneklerin analize hazırlanması

Örnekler ayrı ayrı homojen hale getirmek için 1000 ml'lik laboratuvar tipi blendırda 3 dakika süreyle parçalanmış ve macun kıvamına getirilmiştir. Homojen halindeki örneklerin 1/4 ' ü alınmış ve tekrar karıştırılmış 1/4 azaltma metodu ile 100 g örnek ayrılmıştır. Bu örneklerin 50 g'ı analiz için kullanılmıştır.

#### •HPLC Sistemi

HPLC sistemi ile ilgili bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2.1 HPLC sistemi ile ilgili bilgiler

Dedektör	Floresans dedektör; excitation : 360 nm, emission : 440 nm
Kolon	ODS-2 ( 4,6 mm x 250 mm x 5 µm )
Akış Hızı	1 ml / dakika
Türevlendirme	Kolon sonrası elektro kimyasal hücre ile üretilmiş brom ile
Mobil Faz	su / asetonitril / metanol (6 / 2 / 3 – v / v / v) 120 (mg/l mobil faz) Potasyum Bromür + 100 (µl/l mobil faz) %65 Nitrik Asit

### •Kalibrasyon eğrisinin hazırlanması

Kalibrasyon eğrisinin çizilmesi için standartlar hazırlanmıştır ve Aflatoksin B<sub>1</sub>,B<sub>2</sub>,G<sub>1</sub>,G<sub>2</sub> için ayrı ayrı standart grafiği çizilmiştir. Kalibrasyon eğrisi 6 basamaklı olarak alınmıştır ve bu doğrultuda elimizde bulunan 1000 ng/ml toplam aflatoksin standardından ilk önce 100 µl alıp 900 µl metanol ile seyrelterek 100 ppb lik bir ara standart oluşturulmuştur. Aşağıdaki tabloda gösterildiği şekilde 0,8-2-4-8-12-20 ppb lik 6 adet standart hazırlanmıştır.

Tablo 2.2 Aflatoksin standartları hazırlanışı

Standart çözeltinin konsantrasyonu (ppb)	Ara standarttan alınan miktar (µl)	Solvent miktarı	Su miktarı
0,8	40	1,46	1
2	100	2,40	2,50
4	100	1,15	1,25
8	100	0,525	0,625
12	100	0,300	0,400
20	100	0,150	0,250

Daha sonra hazırlanan aflatoksin standartları HPLC ye enjekte edildi ve her bir aflatoksin için standart grafiği çizildi.

### •Ekstraksiyon

#### *Ekstraksiyon işlemi için gerekli ön işlemler:*

Ekstraksiyon işlemi için gerekli olan PBS'nin hazırlanışı: 0,2 g potasyum klorür, 0,2 g potasyum dihidrojen fosfat, 1,16 g disodyum hidrojen ortofosfat (veya 2,92 g hidrojen fosfat.12H<sub>2</sub>O ) ve 8 g sodyum klorür 0,9 L distile suda çözülmüştür. Tamamen çözüldükten sonra 0,1mol/L HCl veya 0,1 mol/L NaOH kullanarak pH 7,4'e ayarlanmıştır ve distile su ile litreye tamamlanmıştır.

Ekstraksiyon çözeltisi olarak hacimce (v/v) 8/2 oranında Metanol / Su karışımı kullanılmıştır.

HPLC mobil fazı için ise yine hacimce (v/v/v) 6/2/3 oranlarında Su / Asetonitril / Metanol karışımı hazırlanmış ve çözeltinin 1 litresine 120 mg potasyum bromür ve 350 µl nitrik asit ilave edilmiştir.

Benzen-asetonitril çözeltisi için; hacimce (v/v) 98/2 oranında Benzen / Asetonitril karıştırılmıştır.

İmmunoafinite kolon 4 – 8°C 'de muhafaza edilmiş, kullanılmadan hemen önce oda sıcaklığına gelmesi beklenmiştir.

#### ***Ekstraksiyon işlemi:***

50 gram incir numunesi tartılmış üzerine 5 gram NaCl ve 200 ml ekstraksiyon solventi (%80 metanol / %20 su) ve 100 ml hekzan ilave edilmiştir. Blenderin kapağı kapatılarak yüksek hızda 3 dakika karıştırılmıştır. Ekstrakt cam huni kullanılarak kaba filtre kağıdından ve Whatman No:4 filtre kağıdından geçirilerek süzölmüş ve filtrattan 10 ml pipetle alınmış ve behere konulmuş ve üzerine 60 ml PBS ilave edilmiştir. İyice karıştırılmış ve numunenin tamamını 1 – 2 damla / saniye sabit hızla kolondan geçirilmiştir. Kolondan yaklaşık 2 damla / saniye sabit hızla 15 ml su geçirerek kolonu yıkanmıştır. Kolona 0,5 ml metanol aktarıp yerçekimi ile vial e akması beklenmiştir. 1 dakika bekledikten sonra 0,75 ml metanol ile aynı işlem tekrarlanmıştır. Viale 1,75 ml su ilave edilerek toplam hacmi 3 ml'ye tamamlanmış eluat 0,45 µm' lik şırınga ucu filtreden süzöldükten sonra HPLC'ye enjekte edilmiştir.

HPLC ye numunenin aktarımı oto-örnekleyici (auto-sampler) ile yapılmıştır. Buna göre numuneler oto-örnekleyiciye dizilmiş ve her birinin analizi 15 dakika sürecek şekilde cihaz ayarlanmıştır. Sürenin sonunda her bir numune için değerler standart pikleri ile karşılaştırılmış ve numunedeki aflatoxin miktarı hesaplanmıştır.

#### **2.2.4 Laboratuvar analiz sonuçlarının değerlendirilmesi**

Yapılan laboratuvar çalışmaları ile elde edilen veriler SPSS programında değerlendirilmiş olup programdan alınan sonuçlar neticesinde gruplar birbiri ile istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1 Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

Aydın piyasasındaki işletmelerden temin edilen endüstriyel işlenen kuru incirlerin (Grup 1) fizikokimyasal analiz sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.1 Endüstriyel işlenen kuru incirlerin fizikokimyasal analiz sonuçları

ÖRNEKLER	L*	a*	b*	ph	Nem(%)	a <sub>w</sub>	Kül(%)
E1	49,91	6,12	19,53	5,27	42,07	0,707	0,71
E2	52,68	9,3	25,54	5,06	41,09	0,653	1,19
E3	45,3	5,31	14,11	5,04	38,58	0,633	1,11
E4	36,35	7,32	18,15	4,9	44,45	0,709	1,65
E5	38,52	6,69	18,43	5,04	40,44	0,682	1,72
E6	47,42	6,97	25,61	5,28	38,8	0,685	1,84
E7	49,33	8,04	25,11	5,14	37,88	0,643	1,27
E8	47,68	8,35	26,62	5,00	41,79	0,738	1,39
E9	54,14	8,87	25,39	5,06	36,71	0,62	1,41
E10	50,63	8,43	21,63	4,93	40,87	0,709	2,01

Aydın piyasasında köylülere temin edilen geleneksel işlenen kuru incirlerin (Grup 2) fizikokimyasal analiz sonuçları aşağıdaki verilmiştir.

Tablo 3.2 Geleneksel işlenen kuru incirlerin fizikokimyasal analiz sonuçları

ÖRNEKLER	L*	a*	b*	ph	Nem(%)	a <sub>w</sub>	Kül(%)
G1	47,58	8,66	18,69	5,09	37,43	0,633	0,87
G2	49,32	8,17	20,56	4,50	39,26	0,65	1,94
G3	43,05	6,92	18,49	5,03	41,14	0,658	2,05
G4	41,54	8,27	20,32	4,75	38,33	0,662	2,61
G5	52,69	7,85	24,64	5,32	38,96	0,648	1,73
G6	51,36	8,42	32,51	5,39	41,32	0,712	1,4
G7	46,33	6,39	16,59	5,23	39,97	0,682	2,79
G8	41,13	8,03	19,76	4,98	41,05	0,665	1,04
G9	51,79	8,00	22,98	5,27	37,42	0,625	1,61
G10	43,34	9,11	22,06	5,17	40,88	0,662	1,92

Aydın piyasasından temin edilen endüstriyel işlenen kuru incirlerin (Grup 1) ve geleneksel işlenen kuru incirlerin (Grup 2) fizikokimyasal analiz sonuçlarının “Bağımsız t – Testi” ile istatistiksel değerlendirme sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.3 İncir örneklerinin fizikokimyasal analiz sonuçlarının “Bağımsız t – Testi” ile istatistiksel değerlendirme sonuçları

	<b>Grup</b>	<b>Ort.</b>	<b>Standart Sapma</b>
<b>L*</b>	1	47,19	5,76
	2	46,81	4,38
<b>a*</b>	1	7,54	1,27
	2	7,98	0,79
<b>b*</b>	1	22,01	4,27
	2	21,65	4,46
<b>Nem (%)</b>	1	40,27	2,29
	2	39,58	1,52
<b>a<sub>w</sub></b>	1	0,68	0,41
	2	0,66	0,24
<b>Kül (%)</b>	1	1,43	0,38
	2	1,79	0,61
<b>pH</b>	1	5,07	0,13
	2	5,07	0,27

**Grup 1:** Endüstriyel İşlenen Kuru İncirler

**Grup 2:** Geleneksel İşlenen Kuru İncirler

İncir gruplarının açıklık – koyuluk göstergesi olan L\* değerlerinin 1. grup için ortalamanın 47,19 ve 2. grup için ise ortalamanın 46,81 olduğu tespit edilmiştir. Gruplar arasında istatistiksel açıdan fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

a\* değerleri incelendiğinde Grup 1 için ortalamanın 7,54 ve Grup 2 için ise ortalamanın 7,98 olduğu tespit edilmiştir. İstatistiksel anlamda gruplar arasında fark tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ).

Bu farkın iki grup arasındaki kurutma tekniği farkından dolayı olabileceği düşünülmektedir. Geleneksel işlenen kuru incirlerde sadece direkt güneşte kurutma tekniği kullanılırken endüstriyel işlenen kuru incirlerde direkt güneşte kurutma tekniğinin yanında güneş kollektörlü sistemler de kullanılmaktadır. Bunun yanında; endüstriyel işlenen kuru incirlerde kurutma esnasında mikrobiyal yükü azaltıcı etkisinin yanında ağartma amacıyla da kullanılan hidrojen peroksitin ( $H_2O_2$ ) etkisinin olabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca  $a^*$  değerlerindeki farkın; kurutulan incir çeşidinden de kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bölgede kurutulan incir çeşidi ağırlıklı olarak kabuk rengi beyaza yakın sarı olan “Sarılop” çeşidi olsa da, bununla birlikte kabuk rengi yeşilimsi sarı renk olan “Sarizeybek” çeşidi ve nadiren de kabuk rengi beyaz olan “Akça” çeşidi de kurutmalık incir olarak kullanılmaktadır.

Örneklerin ortalama  $b^*$  değerleri Grup 1 için 22,01 ve Grup 2 için ise 21,65 olarak saptanmıştır. Gruplar arasında istatistiksel anlamda fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Kurutma işlemi için önemli bir parametre olan nem içerikleri incelendiğinde (%) nem miktarlarının Grup 1 için ortalamanın 40,27 ve Grup 2 için ortalamanın 39,58 olduğu tespit edilmiştir. İstatistiksel anlamda gruplar arasında fark tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). Bu farkın sebebinin kurutma işleminde uygulanan teknikten dolayı kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca endüstriyel işlenen kuru incirlerin çoğunluğunun ihraç ürünü olduğu düşünüldüğünde, ihraç edilen ülkelerin müsadde etmesi kaydıyla  $H_2O_2$  gibi koruyucu maddelerin kullanılmış olması sebebi ile kurutma süresinin daha kısa tutulmasından dolayı nem içeriğinin daha yüksek seviyede kalmış olması muhtemeldir.

Kurutma işleminin takibi için kullanılan diğer bir parametre ise su aktivitesi ( $a_w$ ) değeridir. Grupların ortalama  $a_w$  değerleri arasındaki fark istatistiksel anlamda önemlidir ( $p<0,05$ ). Gruplar arasındaki bu farkın kurutma işleminin etkinliğine bağlı olması mümkündür. Nem içeriğindeki farklılıktan dolayı da  $a_w$  değerlerinde fark olması muhtemeldir.

Kuru incir örneklerinin ortalama kül değerleri Grup 1 için 1,43 ve Grup 2 için ise 1,79 olarak tespit edilmiştir. Gruplar arası fark istatistiksel açıdan önemlidir ( $p<0,05$ ). Gruplar arası fark geleneksel işlenen kuru incirlerin güneşte kurutulması

aşamasında açıkta bekletilmesinden dolayı örneklerin toz ve benzeri inorganik maddelere maruz kalması ile ilgili olabileceği düşünülmektedir.

Örneklerin ortalama pH değerleri 5,07 olarak saptanmıştır. Grupların ortalama pH değerleri arasında istatistiksel anlamda fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

### 3.2 Aflatoksin Analiz Sonuçları

Aydın piyasasındaki işletmelerden temin edilen endüstriyel işlenen kuru incirler (Grup 1) ve köylülerden temin edilen geleneksel işlenen kuru incirlerin (Grup 2) aflatoksin analiz sonuçlarının Bağımsız t-Testi ile istatistiksel değerlendirme sonuçları Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.4 İncir örneklerinin aflatoksin analiz sonuçları

(Tespit edilebilir düzey: 0,2 ppb)

	Grup	Ort.	Std. Sapma
<b>Aflatoksin B1</b>	1	Tespit edilebilir düzeyin altında	-
	2	Tespit edilebilir düzeyin altında	-
<b>Aflatoksin Total</b>	1	Tespit edilebilir düzeyin altında	-
	2	Tespit edilebilir düzeyin altında	-

**Grup 1:** Endüstriyel İşlenen Kuru İncirler

**Grup 2:** Geleneksel İşlenen Kuru İncirler

Aydın piyasasından ve çevre köylerinden temin edilen incir örneklerinde aflatoksin miktarının, HPLC sistemi tarafından tespit edilebilen düzeyin altında olduğu görülmüştür. Toplam 20 adet (10 adet Grup 1 + 10 adet Grup 2) örnek incelenmiş ve örneklerin aflatoksin B<sub>1</sub> ve aflatoksin toplam içeriklerinin tespit edilebilir düzey seviyesi olan 0,2 ppb değerinin altında olduğu saptanmıştır. Yapılan analiz sonucunda aflatoksin miktarı tespit edilebilir düzeyde bulunmadığı için standart sapma hesaplanmamıştır. İstatistiksel açıdan bakıldığında da iki grup arasında bir fark bulunmamıştır.

Boyacıoğlu ve Gönül (1986) tarafından yapılan çalışmada Ege Bölgesinde kurutma, proses aşamaları ile son ürün depolarından alınan 284 adet kuru incir numunesinde

aflatoksin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> ve G<sub>1</sub> analizleri yapılmıştır. Güneşte kurutma aşamasında alınan düşük kaliteli incir numunelerinde % 4 oranında aflatoksin B<sub>1</sub> tespit edilmiş olup, ortalama toksin değeri 112,3 ppb'dir. 64 adet depolama ve 14 adet proses numunelerinin hiçbirinde aflatoksin tespit edilmemiştir. Bizim çalışmamızda aflatoksin analizi yapılan numunelerimizin hiçbirinde tespit edilebilir düzeyde toksin bulunmamıştır.

İngiltere'de Sharman ve ark. (1991) tarafından, 1988 – 1989 yılları arasında ülkeye ithal olarak giren Türkiye kaynaklı kuru incir ve incir pürelere üzerine yapılan çalışmada; ülkeye gelen bütün haldeki kuru incirlerde 93 partinin % 9'unda, incir pürelere ise 112 partinin % 11'inde 10 ppb üzerinde total aflatoksin tespit edilmiş olup, en yüksek değer 40 ppb'dir. Analize alınan numunelerden % 24'ünde toplam aflatoksin 10 ppb'nin üzerinde olup, tespit edilen en yüksek değer 165 ppb'dir. Bu sonuçlar bizim tespit ettiğimiz verilerden hem görülme sıklığı oranı olarak hem de tespit edilen değer olarak çok yüksektir.

Tunail (2000)'in bildirdiğine göre 1989 – 1992 yıllarını kapsayan 4 yıllık periyotta İsviçre ve Almanya'da test edilen kuru incirlerin (n=105) sınır değerleri aşan aflatoksin içerikli örnek oranı % 18,4 olarak saptanmıştır. Bizim verilerimiz ile karşılaştırıldığında yasal sınırı aşan örnek oranımız olmadığı için değerlerimiz belirtilen değerin çok altında kalmaktadır.

İngiltere'de Gıda Standartları Ajansı tarafından 2002 yılında yapılan çalışmada, perakende satış noktalarından alınan kuru incir numunelerinin hiçbirinde aflatoksin tespit edilmemiştir (Anon., 2002b). Bu sonuca bakıldığında bizim çalışmamızla paralellik gösterdiği görülmektedir.

Iamanaka ve ark. (2007) tarafından, Brezilya'da satışa sunulan kuru incir örneklerinde yapılan çalışmada, analiz edilen 19 kuru incir örneğinin 10 adedinin (%53) 0,3 – 2,0 ppb aflatoksin ile kontamine olduğunun belirlendiği, bir örneğin ise 1500 ppb Aflatoksin B<sub>1</sub> içerdiği rapor edilmektedir. Bu çalışmada elde edilen aflatoksinle kontamine örnek oranı bizim çalışmamızda elde edilen orandan çok yüksektir.

Yıkılmaz (2007) tarafından yapılan çalışmada satış noktalarından alınan 45 adet kuru incir örneğinin 4'ünde (% 8,89) tespit edilebilir düzeyde aflatoksin belirlenmiş olup, % 91,11'inde toksin belirlenmemiştir. Tespit edilen değerlere bakıldığında; bizim



Çalışma sonuçlarımızda olduğu gibi değerlerin Türk Gıda Kodeksi yasal limitlerinin altında olduğu görülmektedir. Fakat tespit edilen değerler bizim çalışmamızda elde ettiğimiz değerlerin üstünde kalmaktadır.

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada endüstriyel yöntemle kurutulan incirler ile geleneksel yöntemle kurutulmuş incirler arasındaki farklılığı araştırmak için Aydın ilinde faaliyet gösteren incir işletmelerinden ve Aydın çevre köylerinden temin edilen kuru incirlerin fizikokimyasal özellikleri ve aflatoksin varlığı incelenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda örneklerin L\* ve b\* değerleri arasında istatistiksel anlamda fark olmadığı, fakat a\* değerleri arasındaki farkın istatistiksel anlamda önemli olduğu tespit edilmiştir. Grupların ortalama a\* değerleri Grup 1 için 7,54 ve Grup 2 için ise 7,98'dir.

Geçmişte yapılan çalışmalara bakıldığında ve günümüzde incir piyasasındaki gelişmeler incelendiğinde; özellikle incirde rengi açmak için kullanılan hidrojen peroksitin, endüstriyel yöntemle kurutma yapan tesislerde kullanılmış olması muhtemeldir. Son yıllarda ihracatta büyük sorun oluşturan ve tespit edilmesi halinde ithalatçı ülkeler tarafından geri gönderilen hidrojen peroksit ile ağartılmış kuru incirler ülkemiz ekonomisi açısından büyük sorun teşkil etmektedir. İncir ihracatında lider konumda olan ülkemizin bu yerini muhafaza edebilmesi için işletmelerin bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Aksi halde dış pazarda sıkıntı yaşanması söz konusu hale gelebilir. Ayrıca dış pazardan dönen ürünlerin iç pazara sürülebileceği de düşünülecek olursa; bu durumun insan sağlığı açısından ileride büyük riskleri de beraberinde getirebilecek olması muhtemeldir.

Kurutma işleminin etkinliğinin ölçülmesinde önemli bir parametre olan nem değerleri incelendiğinde gruplar arasındaki farkın önemli olduğu görülmüştür. Ortalama nem değerleri sırasıyla Grup 1 için 40,27 ve Grup 2 için ise 39,58 olarak tespit edilmiştir. Bu durum; ihracat yapan incir işletmelerinde, daha kısa sürede ürünü hazır hale getirebilmek amacıyla; mikrobiyal gelişmeyi azaltmak maksadıyla kullanmış oldukları koruyucu maddeler ile daha yüksek seviyede nem içeriği ile piyasaya ürün satmasından kaynaklanıyor olabilir. Burada işletmelerin kullanmış oldukları koruyucu maddelerin ihracat yapılan ülkelerde mücade edilen maddelerden farklı olmaması ve insan sağlığı açısından herhangi bir risk taşıyor olması büyük önem arz etmektedir. İşletmeler bu konu hakkında bilinçlendirilmeli ve konuya hakim uzmanlar veya ihracat konusunda yetkili resmi kurumlar tarafından ihracatçılara yönelik eğitim programları gerçekleştirilmelidir.

Grupların  $a_w$  değerleri incelendiğinde de aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. Ortalama  $a_w$  değerleri Grup 1 ve Grup 2 için sırası ile 0,68 ve 0,66 olarak tespit edilmiştir. Bu fark numunelerin nem içeriğinden kaynaklanıyor olabilir. Ayrıca geleneksel yöntemle kurtulan incirlerde direkt güneşte kurutma yöntemi kullanılırken, endüstriyel yöntemle kurutmada bu yöntemin yanında güneş kollektörlü sistemlerin de kullanıldığı göz önünde bulundurulacak olursa, kurutma tekniğinin de numunelerin  $a_w$  değerlerini etkilediği söylenebilir. Burada kurutma tekniğinin verimli olarak kullanılması için işletmecilere gerekli bilgiler verilmeli ve işletmeciler kurutma süresinin hesaplanmasında sadece kalitatif olarak değil kantitatif yöntemlerle hesaplama yapması konusunda da bilinçlendirilmelidir.

Kül içerikleri Grup 1 ve Grup 2 için sırası ile ortalama 1,43 ve 1,79 olarak saptanmıştır. Gruplar arası fark istatistiksel olarak önemlidir. Bu farkın, geleneksel yöntemle kurutulan incirlerde kurutma aşamasında açık havada toz, toprak gibi dış etkenlerin incirlere bulaşmasından dolayı oluşmuş olması muhtemeldir. Geleneksel yöntemle kurutulan incirlerde; incirlerin kurutulması aşamasında; dalında kuruyan incirlerin buruklaşıp yere düşmesinden sonra çok fazla beklenmeden toplanması ve açık havada kurutulurken mümkün olduğunca tozlu ve kirli yerlerden uzak tutulması, incirleri dışarıdan gelebilecek olan yabancı maddelerden uzak tutmak ve incirlerde kontaminasyonu önlemek açısından önemlidir. Kuru incirin kalitesinin yükseltilmesi bakımından üreticilere gerekli eğitim ve girdiler sağlanmalıdır. İncirin kaliteli ve sağlıklı olmasının gerekliliği hakkında üretici bilinçlendirilmeli, bu amaçla gerekli eğitim faaliyetleri yapılmalıdır.

Örneklerin pH değerleri her iki grup için ortalama 5,07 olarak tespit edilmiştir. Asitlik açısından bakıldığında; incirlerin aynı bölgede yetişiyor olması sebebiyle benzer sonuçların elde edildiği görülmüştür.

Kuru incirlerde hem önemli bir kalite kriteri olduğu, hem de sağlık açısından risk oluşturduğu için aflatoksin içeriğinin tespiti önemlidir. Örneklerin toplam aflatoksin ve aflatoksin B<sub>1</sub> içerikleri incelendiğinde bu iki değerin örneklerdeki düzeylerinin tespit edilebilir düzeyin altında olduğu saptanmıştır.

Kuru incirlerde aflatoksin B<sub>1</sub> ve toplam aflatoksin değerleri için belirlenen yasal sınır değerlerin sırasıyla 5 ppb ve 10 ppb olduğu göz önünde bulundurulduğunda,

incirlerin sađlık açısından herhangi bir tehlike oluřturmadığı dűřünűlmektedir. Çalıřmamızda incelenen örneklerde tespit edilebilir dűzeyde aflatoksin bulunmaması sevindirici bir durumdur. Ayrıca, analizi yapılan numunelere iliřkin deęerlerin, geçmiř yıllarda yapılan bazı çalıřmalarda elde edilen deęerlere göre daha dűřűk olması da olumlu bir geliřme olarak kabul edilebilir. Bu durum űreticilerin konuya olan duyarlılıklarının zaman içinde artmıř olmasından ve aflatoksin oluřumunu engelleyici bazı uygulamalara yonelmelerinin sonucu olarak incirlerin içerdiği aflatoksin miktarının dűřűk seviyede kalmasından kaynaklanmış olabilir.

Kuru incirlerde aflatoksin oluřumunun önlenmesi hem sađlık hem de ekonomi açısından bűyűk önem tařımaktadır. Aflatoksinler funguslar tarafından oluřturulduktan sonra birçok kimyasal, fiziksel ve biyolojik yöntem ile azaltılabilir ya da daha az toksik hale getirilebilir. Fakat bu iřlemler gıdanın besin deęerinde kayıplara veya grűnűmde deęiřimlere neden olabilmektedir. Bu yűzden, aflatoksin oluřumunun önlenmesinde öncelikle hammaddenin tarlada geliřimi, hasatı, depolanması, nakliyesi, űrűne iřlenmesi ve űrűn elde edilmesi ařamalarındaki kűf kontaminasyonunun engellenmesi veya en az dűzeye indirilmesi önemlidir. Özellikle incirlerin mikotoksinlerle en çok kontamine olduęu safhanın, burukluk ařamasından sonra yere dűřűnce toprakta bekledięi sűre olduęu göz nűnde bulundurulduęunda, bu sűrenin műmkűn olduęunca kısa tutulması önem arz etmektedir. Bununla birlikte gerek çiftçilerin, gerekse iřletmelerin özellikle depolama kořullarında hijyen ve sanitasyon önlemlerini alması, kűf geliřimini en aza indirecek kořulları oluřturması gerekmektedir.

Yapılan analizlerin sonuçlarına bakıldıęında geleneksel yöntemle űretilen kuru incirler ile endűstriyel yöntemle űretilen kuru incirler arasında kalite ve sađlık açısından fark olmadığı ve geleneksel yöntemle űretilen kuru incirlerin tűketime uygun olduęu dűřűnűlmektedir.

Kuru incir űlkemizde ve dűnyada sevilerek tűketilen kuru yemiřlerden birisidir. űlkemizde hem çiftçilerin, hem de iřletmecilerin űrettikleri kuru incirler piyasada tűketilmektedir. Fakat özellikle iç piyasaya bakıldıęı zaman kuru incirlerin satıř fiyatlarında bariz farklar grűlmektedir. Özellikle çiftçinin sattığı kuru incirin kilogramı ile iřletmecinin sattığı kuru incirin kilogramı arasında 4 – 5 kata kadar fiyat farkı olduęu tespit edilmiřtir. Çalıřmamızdan elde ettięimiz deęerlere bakıldıęında kalite parametrelerinde çok fazla fark olmamasına raęmen fiyatlarda bu

kadar fark olması dikkat çekicidir. Bilinçli olarak satın alındığı takdirde köylüden uygun fiyata alınan incirlerin tüketilmesinde hiçbir sakınca görülmemektedir. İşletmecilerden alınan incirlerde ise incirden ziyade, incirin paketine, markasına ve reklamına para verildiği görülmektedir. Fakat yine de işletmelerin satmış oldukları incirlerin tüketiciler tarafından beğeniyle ve yoğunlukla satın alındığı görülmektedir. Buradan tüketicilerin ürün tüketiminde görselliğe önem verdiği anlaşılmaktadır.

Çalışmadan elde edilen verilere bakıldığında kısıtlı sayıda, piyasaya sunulmak üzere hem geleneksel hem de endüstriyel olarak işlenmiş kuru incirlerde aflatoksin miktarının minimize edildiği görülmektedir. Bu sonuç kısıtlı bir alan için fikir sahibi olmamızı sağlayabilir. Ancak daha geniş bir alandan temin edilen ve daha çok sayıda tedarik edilen numuneler ile yapılan çalışmalar; kuru incirlerde aflatoksin miktarının ne ölçüde minimize edildiği hakkında daha detaylı bilgi sahibi olmamızı sağlayabilir.

## KAYNAKLAR

- Anonim, 1979**, Enviromental Health Criteria II, Mycotoxins. Geneva, World Health Organisation, 1-127.
- Anonim, 1986**, Aflatoxin Control Guide For Almond Handlers. Almond Board Of California P.O. Box 15920 Sacramento, CA 95852 1900 Point West way November 1986 p.1-6.
- Anonim, 2000**, Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları, Sim Matbaacılık Ltd. Şti. 522 s, Ankara.
- Anonim, 2002a**, Kuru İncir Standardı, TS-541, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- Anonim, 2002b**, Survey of Nuts, Nut Products and Dried Tree Fruits For Mycotoxins, Food Surveillance Information Sheet. 21/02 January. MAFF, Contaminants Division of UK Food Standards Agency, London. <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/21nuts.pdf>
- Anonim, 2003**, [http://tzob.org.tr/tzob/tzob\\_urun\\_rapor/rapor\\_2003\\_incir.htm](http://tzob.org.tr/tzob/tzob_urun_rapor/rapor_2003_incir.htm).
- Anonim, 2004**, <http://www.nal.usda.gov> Food Composition, Online Searchable Database of Foods.
- Anonim 2006**, <http://www.mikrobiyoloji.org/genelpdf/210010320.pdf> Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları; Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü 891112005.
- Anonim, 2007**, [http://www.tzob.org.tr/tzob/tzob\\_urun\\_rapor/rapor\\_2003incir.htm](http://www.tzob.org.tr/tzob/tzob_urun_rapor/rapor_2003incir.htm).
- Anonim, 2008**, <http://www.ordutarim.gov.tr/subeleler/kontrol/aflatoksin/toksinler.htm>
- Anonim, 2012**, [http://www.ibp.gov.tr/pg/sectorpdf/tarim/kuru\\_incir\\_2012.pdf](http://www.ibp.gov.tr/pg/sectorpdf/tarim/kuru_incir_2012.pdf)
- Acar, J., ve Cemeröglu, B.**, 1999. Meyve ve Sebze Teknolojisi, Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları Yayın No:43, 399 s, Ankara
- Aksoy U.**, 2001. Kuru incir üretiminde verim ve kaliteyi arttırmaya yönelik uygulamalar, Ege Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi, Çiftçi Dergisi, 1.
- Altuğ, T., Yousef, E. ve Marth, E.H.**, 1990, Degradation of Aflatoxin B1 in Dried Figs by Sodium Bisulfite with or Without Heat, Ultraviolet Energy or Hydrogen Peroxide, Journal of Food Protection, 53(7), 581-582.
- Anaç, H.**, (2003), Kuru İncir, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü-Bakış Dergisi, Sayı:3, Nüsha:10, 1-4.
- Anklam, E., Stroka, J.**, The European perspective of mycotoxins and food safety. In Int. Workshop on Mycotoxin. July, 22-26, 2002.. FDA and JIFSAN, University of Maryland, USA.
- AOAC, 1990**, Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, LAC, Arlington, VA.
- AOAC, 2000a**, 970.45, Association of Official Agricultural Chemists Official Methods of Analysis, [www.aoac.org](http://www.aoac.org).

- AOAC, 2000b**, - 999.07, Rhone –Diagnostics Technologies Instructions; Aflatoxin Extraction Method; Application note for analysis aflatoxins in hazelnuts using Aflaprep. Kobra Cell; An electrochemical cell for the derivatisation of aflatoxins, [www.aoac.org](http://www.aoac.org).
- Arbillaga, L., Azqueta, A., Ezpeleta, O., Lopez De Cerain, A.**, 2007, Oxidative DNA Damage Induced by Ochratoxin A in the HK-2 Human Kidney Cell Line: Evidence of the Relationship With Cytotoxicity, Mutagenesis, 22(1), 35.
- Arda, M.**, 1980, Mikoloji (Genel ve Özel Ders Kitabı), A. Ü. Vet. Fak. Yayınları, Sayfa:253-269, Ankara.
- Armstrong, K., Campbell, A.D., Denizel, T., Jemmali, M., Krogh, P., Kusak, V., Nagarajan, V., Nesterin, M.F., Newberne, P., Patterson, S.P., Peers, G., Sarkisov, A.C., Schuller, P.L., Rogers, A., Tendon, H.D., Wasunna, A.**, 1979, Environmental Health Criteria 11, Mycotoxins. International Programme on Chemical Safety Report, Published under the Joint Sponsorship of the United Nations Environment Programme and the World Health Organization. World Health Organization, Geneva.  
<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc011.htm>.
- Arranz I., Baeyens W.R., G., Van der Weken, G., Saefer, S., Van Peteghem, C.**, 2004, Review: HPLC determination of fumonisin mycotoxin. Crit Rev Food Sci Nutri 44:196–203.
- Aşkın, O.**, 1976, İncirlerde Aflatoksin Teşekkülü Üzerinde Araştırmalar, İhtisas Tezi, Gıda İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 76 s.
- Atak, G.**, 1998. İstanbul'da Piyasadan Temin Edilen Kurutulmuş Kırmızı Biber Örneklerinde Aflatoksin Aranması, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniv., Sağlık Bil. Ens., İstanbul.
- Bata, Á., ve Lásztity, R.**, 1999, Detoxification of Mycotoxin-Contaminated Food and Feed by Microorganisms, Trends in Food Science & Technology, 10, 223-228.
- Baudrimont, I., Sostaric, B., Colette, Y., Betbeder, A., M., Dano, S., Sanni, A., Steyn, P.S., Creppy, E., E.**, 2001, Aspartam Prevents The Karyomegaly Induced By Ochratoxin A In Rat Kidney, Arch. Toxicol., 75, 176.
- Bennett, G.A., Lagoda, A.A., Shotwell, O.L., and Hesseltine, C.M.**, 1981, Utilization of Zearalenone-Contaminated Corn For Ethanol Production, J. Am.Oil Chem. Soc., 58, 974-976.
- Bennet, J.W., ve Papa, K.E.**, 1988, The aflatoxigenic Aspergillus spp. Adv. Plant. Pathol. 6: 263-280.
- Bennett, G.A., ve Richard, J.L.**, 1996, Influence of processing on Fusarium mycotoxins in contaminated grains. Food Technology, 50, 235-238.
- Betina, V.**, 1984, Mycotoxins, Production, Isolation, Separation and Purification. Developments in Food Science 8. Elsevier, Amsterdam.

- Betina V.**, 1989, *Mycotoxins, Chemical, Biological and Environmental Aspects*, Elsevier, ISBN 0-444-98885-8, Amsterdam-Oxford-New York, Tokyo, 437p.
- Bor, T.**, 1998, *Çeşitli Üzüm İşletmelerinden Alınan Çekirdeksiz Kuru Üzüm Örneklerindeki Fungal Yükün Ve Potansiyel Okratoksijenik Küflerin Belirlenmesi*, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Temel Ve Endüstriyel Mikrobiyoloji A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Bothast, R.J., Bennett, G.A., Vancauwenberge, J.E., Richard, J.L.**, 1992. Fate of Fumonisin B1 in Naturally Contaminated Corn During Ethanol Fermentation, *Appl. Environ. Microbiol.*, 58, 233-236.
- Boyacıoğlu, D., Gönül, M.**, 1986, Survey of Aflatoxin Contamination of Dried Figs Grown in Turkey in 1986. National Library of Medicine and the National Institutes of Health. Mar-Apr,7(2):235-7. USA. PMID: 2113011.
- Bretz, M., Beyer, M., Cramer, B., Knecht, A., Humpf, H.U.**, Thermal Degradation of the Fusarium Mycotoxin Deoxynivalenol, *J. Agric. Food Chem.*, 54(17), 6445, (2006)
- Buchanan, J.R., Sommer N.F., Fortlage R.J.**, 1975, Aspergillus flavus infection and Aflatoxin Production in Fig Fruits, *Applied Microbiology*, 30, 2, 238 – 241.
- Bullerman, L.B.**, 1979, Significance of Mycotoxins to Food Safety and Human Health: *Journal of Food Protection*, 42 (1): 65–86.
- Bullerman L.B., Schroeder L.L., Park K.Y.**, 1984, Formation and control of mycotoxins in food, *Journal of Food Protection*, 47, 637 – 646.
- Büyüksirin, S.**, 1993, *Kuru İncirlerde Küf Florası ve Aflatoksijenik Küflerin Saptanması*, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji A.B.D., , Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Cemeroğlu, B.**, 2004, *Meyve Sebze İşleme Teknolojisi. 2. Cilt. 2. Baskı*, Sayfa: 479, 590 Başkent Klîşe Matbaacılık. Ankara
- Coker, R.D., Jones, B.D.**, 1988, Determination of Mycotoxins, 336-375, *Mycotoxins Section, Overseas Development Naturel Resources Institutue*, London.
- Concon, J.M.**, *Mold and Mycotoxin Contamination of Food Products*. In: *Food Toxicology Part B: Contaminants and Additives*. New York: Marcel Dekker Inc, 1988: 677-770.
- Çelikay, A.G.**, 2004. *Kurutulmuş Kırmızı Biberin Mikrobiyolojik Kalitesi ve Aflatoxin Aranması*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, s. 12 – 14, Isparta.
- Çoksöyler, N.**, 1995, *Mikotoksinler ve Analiz Yöntemleri*, Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Basılmamış Ders Notları.



- De Saeger, S., Van Peteghem C.,** Flow-through membrane-based enzyme immunoassay for rapid detection of ochratoxin A in wheat. *J Food Prot* 1999; 62 (1): 65-9.
- De Vries, J.,** 1997, *Food Safety and Toxicity*, Woodhead Publishing, Cambridge, UK.
- Eaton, D.L., Groopman, J.D.,** 1994. *The Toxicology of Aflatoxins*. Academic Press, New York. Pp 383-426.
- Egmond, V.H.P., Paulsch, W.E.,** 1986. Determination of Mycotoxins: *Appl. Chem.*, 58.2. 315–326.
- Erdem, H., Özen, N.,** 1990. Aflatoksinlerin İnsan ve Hayvan Sağlığı Açısından Önemi. *O.M.Ü. Ziraat fakültesi Dergisi*, Cilt:5, Sayı:1-2, Samsun.
- Faucet-Marquis, V., Pont, F., Stormer, F.C., Rizk, T., Castegnaro, M., Pfohl-Leszkowicz, A.,** 2006, Evidence of A New Dechlorinated Ochratoxin A Derivative Formed in Opossum Kidney Cell Cultures After Pretreatment by Modulators of Glutathione Pathways: Correlation with DNA-Adduct Formation, *Mol. Nutr. Food Res.*, 50(6), 530.
- Galvano, F., Pietri, A., Bertuzzi, T., Piva, A., Chies, L., Galvano, M.,** 1998. Activated Carbons: In Vitro Affinity For Ochratoxin-A and Deoxynivalenol and Relation of Adsorption Ability to Physicochemical Parameters. *Journal of Food Protection*, 61(4), 469-475.
- Goldblatt, L.A., Dollear, F.G.,** 1977, *Detoxification of Contaminated Crops: Mycotoxins in Human and Animal Health*. Rodricks, J.V., Hesseltine, C.W., Mehlman, M.A. (Eds.), Pathotox Publishers, Inc., Park Forest South, Illinois. pp. 139-150.
- Gourama, H., Bullerman, L.B.,** 1995, Inhibition of Growth and Aflatoxin Production of *Aspergillus flavus* by *Lactobacillus* Species. *Journal of Food Protection*, 58(11), 1249-1256.
- Groopman, J.D., Kensler, T.W.,** 1988, Aflatoxin Exposure in Human Populations: Measurements and Relationship to Cancer, *CRC Critical Review in Toxicology*, 19(2), 113-145.
- Gündüz, T.,** 2002, *İnstrümental Analiz 6*. Baskı Ankara Gazi Kitabevi s.441.
- Helferich, W., Winter, C.K.,** 2000, *Food Toxicology*, Woodhead Publishing, Cambridge, UK.
- Huff, W.E., Hagler, Jr., W.M.,** 1982, Evaluation of Density Segregation as a Means to Estimate The Degree of Aflatoxin Contamination, *Cereal Chem.* 59, 152-153.
- Iamanaka, B.T., Menezes, H.C., Vicente, E., Leite, R.S.F., Taniwaki, M.H.,** 2007, Aflatoxigenic fungi and aflatoxins occurrence in sultanas and dried figs commercialized in Brazil, *Food Control*, 18: 454-457.

- IARC**, 1993. International Agency for Research on Cancer. Some naturally occurring substances: food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins. In IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans (Vol. 56, pp. 489–521). Lyon, France: International Agency for Research on Cancer.
- Ito, Y., Peterson, S.W., Wicklow, D.T., and Goto, T.**, 2001, *Aspergillus pseudotamarii*, A New Aflatoxin Producing Species in *Aspergillus* Section *Flavi*, *Mycological Research*, 105(2), 233-239.
- İçibal, N., Altuğ, T.**, 1992, Degradation of Aflatoxins in Dried Figs by Sulphur Dioxide Alone and in Combination with Heat, Ultraviolet Energy or Hydrogen Peroxide, *Lebensm.-Wiss.U.-Technol.*, 25, 294-296.
- İşman, B.**, 2004, Aydın Yöresinde Yetiştirilen Kuru İncirlerdeki Fungus Florasına Ultraviyole Işımlarının Etkilerinin İncelenmesi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, Aydın.
- Jay J.M., Loessner M.J., Golden D.A.**, 2005, *Modern Food Microbiology*, p. 709 – 715, Springer Science and Business Media, USA.
- Kaya, S., ve Şanlı, Y.**, 1991, *Veteriner Klinik Toksikoloji*, Ankara, 282 – 360.
- Lau, BP-Y., Scott, P.M., Lewis, D.A., Kanhere, S.R.**, 2000, Quantitative determination of ochratoxin A by liquid chromatography/electrospray tandem mass spectrometry. *J Mass Spectrom*; 25: 23-32.
- Magan N., ve Olsen, M.**, 2004, *Mycotoxin in food: detection and control*, p. 111-136, Woodhead Publishing Ltd., ISBN 1-85573-733-7., Cambridge, England.
- McMasters, D.R., Vedani, A.**, 1999, Ochratoxin binding to phenylalanine-tRNA synthetase: Computational Approach to the mechanism of ochratoxicosis and its antagonism. *J Med Chem*; 42: 3075-86.
- Milton, L., Scott, P. D.**, 1991, *Nutrition and Management of Ducks*, p. 150-163, Cornell University, New York.
- Mutlu, M., Gökmen, V.**, 1998, Determination of Effective Mass Transfer Coefficient of Patulin Adsorption on Activated Carbon Packed Bed Columns with Recycling, *Journal of Food Engineering*, 35, 259-266.
- Müller, H.M., Reiman, I., Schwadorf, K.**, 1993, Fusarium toxins in cereals from farms in an area of Southwest Germany, in Occurrence and Significance of Mycotoxins, ed. by Scudamore K., A., (Slough, UK: Central Science Laboratory MAFF) 32-41.
- Nelson, P.E., Desjardins, A.E., Plattner, R.D.**, 1993. Fumonisin, Mycotoxins Produced By Fusarium Species: Biology, Chemistry and Significance. In: R.J. Cook, (Ed) *Ann. Rev. Phytopathol.*, 31: 233-249.
- Oatley, J.T., Rarick, M.D., Ji, G.E., Linz, J.E.**, 2000, Binding of Aflatoxin B1 to Bifidobacteria in Vitro. *Journal of Food Protection*, 63(8), 1133-1136.

- Ominski, K. H., Marquardt, R.R., Sinha, R.N., Abramson, D.,** 1994, Ecological aspects of Growth and Mycotoxin Production by Storage Fungi, Mycotoxins in Grain Compounds other than Aflatoxin, p. 287 – 311, Eagan Press, USA.
- Oruç, H.H.,** 2005, Mikotoksinler ve Tanı Yöntemleri, Uludag Univ. J. Fac. Vet. Med., 24 (2005), 1-2-3-4: 105-110
- Özay, G., ve Alperden, I.,** 1991, Aflatoxin A and Ochratoxin A contamination of dried figs (*Ficus caria* L.) from the 1988 crop, Mycotoxin Research, 7, 85 – 91.
- Özkaya, Ş., Temiz, A.,** 2003, Aflatoksinler: Kimyasal Yapıları, Toksisiteleri ve Detoksifikasyonları. Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi, Sayı:01, Cilt:01, Sayfa:1-21. <http://www.mikrobiyoloji.org/pdf/702030101.pdf>
- Özpala, A.,** 2006, Aydın Yöresi Kuru İncirlerinde Aflatoksin Tayini ve Yöntemlerin Karşılaştırılması. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, Aydın.
- Öztürk, M.,** 1995, P53 Mutations in Nonmalignant Human Liver: Fingerprints of Aflatoxins. Hepatology, 21 (2): 600-601.
- Park, D.L.,** 1993, Perspectives on Mycotoxin Decontamination Procedures, Food Additives and Contaminants, 10(1), 49-60.
- Park, D.L.,** 2002, Mycotoxin control-regulations. In Int. Workshop on Mycotoxin. July, 22-26, FDA and JIFSAN, University of Maryland, USA.
- Park D.L., Ayala, C.E., Perez, S.E.G, Garcia, R.L., Trujillo, S.,** 2000, Microbial Toxins in Foods: Algal, Fungal and Bacterial, Food Toxicology, Woodhead Publishing, Cambridge, UK.
- Petzinger, E., Ziegler, K.,** 2000, Ochratoxin A from a toxicological perspective. J Vet Pharmacol Therap; 23: 91-8.
- Pohland, A.E.,** 1993, Mycotoxins in Review. Food Additives and Contaminants. 10 (1), 17-28.
- Resmi Gazete,** 1991, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'ndan: Beyana ve Tesçile Tabi Yem Hammaddelerinde ve Karma Yemlerde Bulunabilecek Zararlı Maddelerin En Çok Miktarları Listesi, Tebliğ No: 91/14, Resmi Gazete, 05.09.1991, Sayı No: 20982, Ankara.
- Resmi Gazete,** 1997, Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına dair Yönetmelik. 23. Eylül. 2002 tarih ve 24885 Sayılı Resmi Gazete. 29-40.
- Romani, S., Pinnavaia, G.G., Dalla Rosa, M.,** 2003, Influence of Roasting Levels on Ochratoxin A Content in Coffee, J. Agric. Food Chem., 51(17), 5168.
- Ruprich, J., Ostry', V.,** 1993, Study of human exposure to ochratoxin A and assessment of possible sources. Cent Eur J Public Health 1; 46-8.
- Rustom, I.Y.S.,** 1997, Aflatoxin in Food and Feed: Occurrence, Legislation and Inactivation by Physical Methods, Food Chemistry, 59(1), 57-67.

- Scott, P.M.**, 1978, Mycotoxins in Feeds and Ingredients and their Origin, *Journal of Food Protection*, 41(5), 385-398.
- Sharman, M., Patey, A.L., Bloomfield, D.A., Gilbert, J.**, 1991, Surveillance and Control of Aflatoxin Contamination of Dried Figs and Fig Paste Imported into The United Kingdom. *Food Addit. Contam. May-Jun* 8(3):299-304.
- Smith, J.S., Thakur, R.A.**, 1996, Occurance and fate of fumonisins in beef. In: Jackson L, ed. *Fumonisin in Food*. New York: Plenum Press, 1996: 39-55.
- Soyöz, M., Özçelik, N., Kılınc, İ., Altuntaş, İ.**, 2004, The Effects of Ochratoxin A on Lipid Peroxidation and Antioxidant Enzymes: A Protective Role of Melatonin, *Cell Biol. Toxicol.*, 20(4), 213.
- Solfrizzo, M., Avantaggiato, G., Visconti, A.**, 1997, Rapid method to determine sphinganine/sphingosine in human and animal urine as a biomarker for fumonisin exposure. *J Chromatogr B*; 692: 87-93.
- Splittstoesser, D.F.**, 1987, Fruits and fruit products, *Food and beverage mycology*, p. 101 – 128, Van Nostrand Reinhold, USA.
- Steiner, E.W., Rieker, R.H., Battaglia, R.**, 1988, Aflatoxin contamination in dried figs: Distribution and association with fluorescence, *Journal of Agr. Food Chem.* 36, 88-91.
- Steyn, P.S., Stander, M.A.**, 1999, Mycotoxins with Special Reference to the Carcinogenic Mycotoxins: Aflatoxins, Ochratoxins and Fumonisin. In: Ballantyne B, Marrs TC, Syversen TLM, eds. *General and Applied Toxicology*. 2nd Edition. United Kingdom: Macmillan Reference Ltd, 2145-76.
- Sweeney, M.J., Dobson, A.D.W.**, 1998, Mycotoxin Production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* Species. *International Journal of Food Microbiology*, 43, 141-158.
- Şahin, İ., Korukluoğlu, M.**, 2000, *Küf-Gıda-İnsan*, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 155 Vıpaş A. Ş. Yayın Sıra No: 31,122 s., Bursa.
- Tabata, S., Kamimura H., Ibe, A., Hashimoto, H., Tamura, Y.**, 1994, Degradation of Aflatoxins by Food Additives. *Journal of Food Protection*, 57 (1): 42-47.
- Taydaş, E., Aşkın, O.**, 1995, Kırmızı Biberlerde Aflatoksin Oluşumu, *Gıda* 20 (1): 3-8.
- Topal, M.**, 1987, Bazı Önemli Mikotoksinler ve Özellikleri. *Gıda* (5): 283.
- Tunail, N.**, 2000, *Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları* 03. Bölüm, 13. Kısım s. 4 – 30, Genişletilmiş 2. Baskı; Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Yayını. Sim Matbaası, Ankara 522 s.
- Ünlütürk, A., Turantaş, F.**, 1998, *Gıda Mikrobiyolojisi*. Kurutulmuş Meyve ve Sebzeler. Mengi Tan Basımevi, 337-340, İzmir.
- Vicam, L., P.**, 1999, Fluorometer procedure for corn gluten meal and corn gluten feed USDA-FGIS Method, *Aflatest Instruction Manual* s:40

- Wang, E., Riley, R.T., Meredith, F.I., Merrill, Jr., A.H.,** 1999, Fumonisin B1 consumption by rats causes reversible, dosedependent increases in urinary sphinganine and sphingosine. J Nutr;129(1): 214-20.
- Weidenbörner, M.,** 1999, Lexikon der Lebensmittelmykologie, Berlin; Springer, Ca., 200 S., 151 Abb., 20 Tab., ISBN 3-540-65241-8., 79 DM., Ca., 1200 Stichwörter.
- Yıkılmaz, F.,** 2007, Tekirdağ İlinde Satışa Sunulan Kuru İncirlerde Aflatoksin Varlığı. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Yılmaz, A., Özay, G.,** 2001, Gıda ve Yemlerde Mikotoksinlerin Detoksifikasyonu Gıda (7) 80-84.

## **ÖZGEÇMİŞ**



**Ad Soyad: İlker ATİK**

**Doğum Yeri ve Tarihi: AYDIN – 03.10.1986**

**Adres: İstasyon Mahallesi 6. Edirne Sokak Özkorkmazlar Apt. Kat:2 Daire:6**

**Merkez / KIRKLARELİ**

**Lisans Üniversite: Erciyes Üniversitesi**

**Yayın Listesi:**